Oec.
1856 d

Weger

H.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Von

Heinrich Weyer.

[illegible] Tafeln.

[illegible]ngen,

[illegible] Ferdinand Enke.

[illegible]

Vollständige

Brennstoff- und Feuerungskunde

oder

Beschreibung der Eigenschaften, Gewinnung und Zusammensetzung der verschiedenen Brennstoffe,

so wie

Beschreibung der Heizung vermittelst Luft, Wasser und Wasserdampf.

Von

Heinrich Weger.

Mit lithographirten Tafeln.

Erlangen,

Verlag von Ferdinand Enke.

1847.

102. D

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorrede.

Die Anwendung der Wärme ist von weitem Umfange, und der Aufwand für Brennstoffe macht einen so beträchtlichen Artikel unter den Nothwendigkeiten des Lebens aus, daß sie als eine Sache von äußerster Wichtigkeit angesehen werden muß, die in gemäßigten und kälteren Klimaten auf das physische Wohl, Ruhe, Zufriedenheit unermeßlichen Einfluß ausübt. Beim Verbrauch der Brennstoffe kommt vorzüglich in Betracht, daß jede Ersparniß des Einzelnen zugleich eine Ersparniß für die ganze Gemeinheit ist. Je geringer der Verbrauch einer Waare, und je weniger die Nachfrage darnach auf dem Markte ist, desto niedriger wird ihr Preis seyn. Da nun alle Arten des Gewerbfleißes, alle Künste und Manufacturen mittelbar oder unmittelbar von Operationen abhängen, wobei Feuer nöthig ist, so ist es höchst wichtig, den Preis der Feuerung so niedrig als möglich zu halten. Selbst in Ländern, wo die Einwohner blos vom Ackerbau leben, hat dies wichtige Folgen. Können Forstländereien für den Ackerbau gewonnen werden, so hat dies eine Vermehrung der nothwendigsten Lebens-

artikel, der Nahrungsmittel, zur Folge. Wie höchst wichtig dieser Gegenstand, zumal für größere Städte, ist, hat die neueste Zeit recht auffallend dargethan.

Bloße Klagen über Holznoth, über zu große Theuerung der Brennstoffe helfen nichts. Bei immer steigender Zunahme der Bevölkerung, der Vermehrung der Feuerstellen und des stets sich steigernden Mehrbedarfes von Brennmaterial für Fabriken ist es für den menschlichen Forschungsgeist zur hochwichtigen und interessanten Aufgabe geworden, diejenigen Mittel und Wege ausfindig zu machen, wodurch jenen Uebelständen möglichst begegnet wird. Abhülfe ist zunächst in zwei Dingen zu suchen: in der Verbesserung der Heiz-Apparate und in der zweckmäßigen Anwendung der Brennstoffe selbst.

Eine auf wissenschaftlichen Grundsätzen beruhende Abhandlung über Brennstoffe und Heizungs-Anlagen, und damit einen nützlichen Beitrag zu Verbesserungen in einem der ausgebreitetsten und nützlichsten Zweige der Oekonomie und Industrie zu liefern, ist der Zweck dieser Schrift. Sollte dies gelungen seyn, so würde es als seinen schönsten Lohn für die aufgewendete Mühe und die Zeit wenig geschäftsfreier Stunden betrachten

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

		Seite
Einleitung.	Wärme, Begriff, Eigenschaften und Wirkungen derselben	
Verbrennungsprozeß		37
	1. Abtheilung. Brennmaterialien .	44
A.	Natürliche Brennstoffe	46
	a) Vegetabilische Brennstoffe	—
I. Kap.	Holz	—
	b) Fossile Brennstoffe	74
II. Kap.	Torf	82
III. „	Braunkohle	94
IV. „	Steinkohle	117
V. „	Anthracit	130
B.	Künstliche Brennstoffe	138
	a) Vegetabilische künstliche Brennstoffe	—
VI. Kap.	Verkohlung des Holzes (Holzkohle)	—
	b) Fossile künstliche Brennstoffe	165
VII. Kap.	Verkohlung des Torfes (Torfkohle)	—
VIII „	Verkohlung der Braunkohle } Koks	170
IX. „	Verkohlung der Steinkohle } Koks	174

			Seite
X.	Kap.	Außergewöhnliche Brennstoffsurrogate, als Lohkuchen, Karbolëin, Briquetten, Stroh, Rohr und Schilf	189
XI.	„	Werth und Leistung der Brennstoffe . . .	194
		2. Abtheilung. Heizung	216
XII.	Kap.	Luftheizung	227
XIII.	„	Wasserheizung	251
XIV.	„	Dampfheizung	255

Einleitung.

Wärme.

(Calor, Chaleur.)

Die Luft, das Wasser, alle Körper der Natur können in unserm Gefühlsvermögen verschiedene Empfindungen anregen, die man mit dem Namen der Wärme und der Kälte bezeichnet. Diese Empfindungen bringen sie sowohl bei unmittelbarer Berührung als auch in großen Entfernungen hervor, und sie sind von der Art, daß wir die Ursachen derselben nicht ohne weiteres der Substanz der Körper zuschreiben können.

Von den Sonnenstrahlen beschienen, sehen wir wohl ein, daß es nicht die ponderable Materie der Sonne ist, welche auf die Erde herabsteigt, um in unseren Augen die Empfindung des Lichtes, in unserem ganzen Körper das Gefühl der Wärme hervorzubringen.

Die Wärme wirkt sowohl auf organische, als auf unorganische Körper. Das Eis schmilzt, das Wasser siedet, das Eisen wird im Feuer roth; diese und unzählige ähnliche Erscheinungen sind Wirkungen von Wärme.

Jeder Körper besitzt einen gewissen Grad von Wärme. Die verschiedenen Grade von Wärme bezeichnet man mit dem Ausdrucke Temperatur. Eine sehr hohe Temperatur heißt Hitze, eine niedrige Temperatur Kälte.

Wärmequellen.

Unter einer Quelle von Wärme verstehen wir hier irgend einen natürlichen oder künstlichen Gegenstand oder Prozeß, mittelst welchem die in einem Körper enthaltenen Wärmemengen vermehrt, oder von einem Körper zu dem andern übertragen werden können.

Die hauptsächlichsten Quellen der Wärme sind: 1) die Sonne; — 2) die Centralwärme der Erde; — 3) die Electricität; — 4) die Verdichtung der Dämpfe oder das Erstarren der Flüssigkeiten; — 5) Druck und Stoß; — 6) Reibung; — 7) chemische Verbindung; — 8) thierisches Leben.

1. Die Sonne.

Die Erwärmung der Erdoberfläche und der Atmosphäre, durch welche allein das Gedeihen der Pflanzen- und Thierwelt möglich ist, haben wir nur den Strahlen der Sonne zu danken, welche somit als die Quelle alles Lebens auf unserm Planeten betrachtet werden muß. — Wo die Mittagssonne vertikal über den Köpfen der Bewohner steht, wo ihre Strahlen unter rechtem Winkel die Erdoberfläche treffen, da entwickelt sich eine üppige Vegetation, wenn eine zweite Bedingung ihrer Existenz, nämlich die Feuchtigkeit, nicht fehlt; wo aber die Sonnenstrahlen stets allzu schräg auffallen, um eine merkliche Wirkung hervorzubringen, da starrt die Natur von ewigem Eise, da hört alles Thier- und Pflanzenleben auf.

Das Wärmevermögen der Sonnenstrahlen kann sehr deutlich gemacht werden, wenn man eine große Anzahl derselben mittelst eines Brennglases auf einen kleinen Raum concentrirt. Solch ein Instrument besteht gewöhnlich entweder aus einem

großen Hohlspiegel, durch welchen die auf eine ausgedehnte Oberfläche fallenden Strahlen nach Linien reflectirt werden, die alle in einem Punkt zusammen fallen, oder durch eine große convexe Glaslinse, welche, wenn die Strahlen durchfallen, sie ablenkt oder bricht, in Richtungen, die alle auf einem Punkt zusammentreffen. In beiden Fällen wird die Wirkung der Strahlen in dem Verhältniß vergrößert, wie sich die Größe des Punktes, in welchem sie gesammelt werden, zu der Größe des Hohlspiegels oder der Linse verhält. Jedoch rührt die vermehrte Kraft der Wärmewirkung der Strahlen gänzlich von der großen Anzahl der auf einem kleinen Raum vereinigten Strahlen her. Das Wärmevermögen der durch ein Brennglas concentrirten Sonnenstrahlen übertrifft die hohe Temperatur eines Schmelzofens bei weitem. Ein in den Brennpunkt solch eines Glases gebrachtes Stück Gold wurde nicht allein geschmolzen, sondern sogar in Dämpfe verwandelt; denn ein in einiger Höhe darüber gehaltenes Stück Silber wurde durch die sich verdichtenden Dämpfe vergoldet.

Nach Pouillet's ungefährer Berechnung liegt die Temperatur der Sonne zwischen 1461 und 1761 Grad C. Eben derselbe berechnete, daß, wenn die Wärmemenge, welche die Sonne im Laufe eines Jahres auf die Erde sendet, auf derselben gleichförmig vertheilt wäre und ohne Verlust zum Eisschmelzen verwendet würde, daß sie alsdann im Stande wäre, eine die Erde einhüllende Eisschicht von 31 Metern (1 Meter = 3,078 pariser Fuß) Dicke zu schmelzen; und ferner, daß, wenn die Sonne ringsum von Eis umgeben wäre und alle von ihr ausgehende Wärme ausschließlich verwendet würde, um dieses Eis zu schmelzen, daß alsdann in einer Minute eine Schicht von 12 Metern weggeschmolzen werden würde.

2. Die Centralwärme der Erde.

Obgleich alle Wärme auf der Erdoberfläche nur von der Sonne kommt, so hat doch die Erde auch ihre eigenthümliche Wärme, wie aus der Temperaturzunahme folgt, welche man in großen Tiefen beobachtet hat. Wenn die Wärme nach dem Mittelpunkte der Erde hin auch in größerer Tiefe noch in dem Maaße zunimmt, wie uns diese Beobachtungen zeigen (nämlich seit mehreren Jahren haben zahlreiche Versuche dargethan, daß für einen und denselben Ort die Temperatur in einer geringen Distanz constant sey, und daß sie nach der Tiefe zu für 30 oder 40 Meter fast um 1 Grad zunehme, so müßte schon in einer Tiefe von 3200 Metern die Temperatur des siedenden Wassers herrschen, im Mittelpunkte der Erde aber müßten alle Körper glühend und im geschmolzenen Zustande sich befinden. Daß wir von dieser ungeheuren Hitze im Innern der Erde auf der Oberfläche nichts merken, läßt sich durch das schlechte Leitungsvermögen der erkalteten Erdkruste erklären, welche diesen glühenden Kern einschließt. —

Deshalb haben Quellen, welche aus größeren Tiefen kommen, eine weit höhere Temperatur, wie dies bei vielen Salz- und sonstigen Mineralquellen, artesischen Brunnen u. s. w. der Fall ist. Das Wasser mancher Quellen hat fast die Tempera tur des Siedpunktes. Diese Erdwärme wird auch in den Polargegenden benutzt, indem die dortigen Bewohner ihre Wohnungen in die Erde bauen. Die Luft in den Bergwerken von Freiburg hat in der größten Tiefe eine Temperatur von 15° R., während sie an der Oberfläche nur 10° R. ist. Nicht unwahrscheinlich ist es daher, daß einst eine Zeit kommen wird, wo man die innere Wärme der Erde zu technischen Zwecken, z. B. zum Erhitzen von Wasser und vielleicht selbst zur Beförderung des Pflanzengewächsthums benützen wird.

3. Die Electricität.

Wenn das electrische Gleichgewicht zweier Körper zerstört wird, so ist seine plötzliche Wiederherstellung von der Entwickelung von Licht und heftiger Hitze begleitet. — Metalldrähte, ausdauernd mit positiver und negativer Elektricität vermittelst der galvanischen Batterie geladen, werden dadurch glühend und schmelzen, und in's Wasser getaucht wird dieses bis zum Sieden erhitzt. Jedoch gehören diese Gegenstände der Elektricität an, und wir müssen uns daher darauf beschränken, ihrer als Quelle der Wärme bloß zu erwähnen.

4. Verdichtung der Dämpfe und Festwerden der Flüssigkeiten.

Wenn ein gasförmiger oder flüssiger Körper in den flüssigen oder festen Zustand übergeht, oder wenn er gefriert, so wird alle in ihm gebundene Wärme frei und kann irgend einem andern Körper mitgetheilt werden, um dessen Temperatur zu erhöhen, oder um irgend eine von den physikalischen Wirkungen der Wärme hervorzubringen. In einigen Fällen wirkt diese latente (gebundene) Wärme auf die Temperatur des Eises selbst ein und wird in demselben wirklich frei. Wenn daher Wasser unter den Gefrierpunkt abgekühlt wird und noch flüssig bleibt, welches bis zu — 26° möglich ist, so steigt die Temperatur in dem Augenblick des Erstarrens bis zu 0°. Ein Theil von der beim Festwerden entwickelten Wärme wird hier zur Erwärmung des Eises bis zur Temperatur des Gefrierpunktes angewendet; die übrige entweicht in die umgebende Luft oder wird irgend einem von den benachbarten Körpern mitgetheilt und kann zur Hervorbringung einer der gewöhnlichen Wirkungen der Wärme benutzt werden.

Bei der Verdichtung der Dämpfe wird alle bei der Verdampfung absorbirte Wärme entwickelt und kann irgend einem

andern Körper mitgetheilt werden und irgend eine Wirkung der Wärme hervorbringen. Das Wasser z. B. bindet unter dem Druck von 28 Zoll Barometerhöhe 5,30 mal bis 5,6 mal so viel Wärme, als es bedarf, um von 0° auf 100° zu kommen. Verdichtet man also 1 Pfund Wasserdampf von 100° zu Wasser, indem man denselben in 5,30 bis 5,50 Pfunde tropfbaren Wassers von 0° leitet, so wird das Resultat 6,30 bis 6,50 Pfunde Wasser von 100° sein, vorausgesetzt, daß kein Verlust stattfindet.

5. Druck und Stoß.

Jedesmal wenn man einen Körper auf irgend eine Weise zusammendrückt, indem man ihn entweder gegen einen andern stößt, darauf schlägt, drückt oder preßt, bewirkt man das Freiwerden einer gewissen Menge von Wärme, und erhitzt ihn so. So entsteht durch das Aneinanderschlagen von Stahl und Feuerstein ein Funken, der aus einem glühenden, schmelzenden Stahltheile besteht, das den Schwamm entzündet. Eisen wird durch andauerndes Schlagen glühend. Beim Walzen, Prägen der Münzen und bei der Zusammendrückung von luftfreiem Wasser entwickelt sich gleichfalls Wärme. Die Gasarten besonders, als Luft, Sauerstoff, Chlorgas ꝛc., vermögen im Verhältniß zu ihrer Masse viel Wärme bei der Zusammendrückung zu entwickeln, wovon das Compressionsfeuerzeug oder die Mollet'sche Pumpe einen Beweis giebt. Dieses Instrument besteht aus einem hohlen metallenen oder gläsernen, an dem einen Ende verschlossenen Cylinder A. B. (Fig. 1.), in welchem sich ein Kolben bewegt, dessen unteres Ende a in einer kleinen Höhlung ein Stückchen Zündschwamm enthält. Stößt man nun den Kolben heftig hinunter und zieht ihn schnell zurück, so findet man den Schwamm entzündet.

Ob die Temperaturerhöhuug fester Körper durch Compression (Zusammendrückung) gleichfalls dem Umstand zugeschrieben werden muß, daß mit der größern Dichtigkeit ihre specifische Wärme geringer wird, daß also ein Theil der Wärme, welche als specifische Wärme in derselben enthalten war, nun bei ihrer Compression als fühlbare Wärme austritt, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Es ist nun aus oben Gesagtem ersichtlich, daß man durch gewaltsame Verdichtung der Körper sensible Wärme hervorbringen, ja unter Umständen eine Hitze entwickeln kann, welche der durch wirkliches Feuer verursachten in Hinsicht der Intensität nicht nachsteht. Diese Erscheinung ist, wie schon vorhin bemerkt, besonders bei der Zusammendrückung der atmosphärischen Luft und der verschiedenen Gasarten, sowie auch bei der Gegeneinanderreibung (siehe weiter unten) harter Körper wahrnehmbar. Es kann daher nicht auffallen, daß in neuerer Zeit, namentlich in Nordamerika, schon Versuche gemacht worden sind, diese Art von Wärmeentwicklung zu nützlichen Zwecken, nämlich zur theilweisen Ersetzung der Brennstoffe, zu benützen. Zwei große gußeiserne Scheiben wurden mit einem Wasserrade in Verbindung gesetzt, wodurch dieselben hart gegeneinander gerieben und auf die Weise dergestalt erhitzt wurden, daß durch sie leicht die Heitzung eines Zimmers bewerkstelligt werden konnte. Man sieht aber leicht ein, daß diese Art der Wärmeerregung mit mancherlei Hindernissen verknüpft seyn muß, die ihre weitere Einführung in der Gesellschaft zu verhindern im Stande wären. Die schnelle Abnützung der Scheiben, das unausstehliche Geräusch während ihrer Bewegung, die erforderliche bedeutende Triebkraft geben hinreichenden Grund zur Vorziehung des natürlichen Feuers.

Ungleich vortheilhafter ist die Anwendung der durch Com-

pression der atmosphärischen Luft frei werdenden Wärme; hier findet keiner jener Nachtheile Statt, besonders da es auch gelungen ist, eine Triebkraft ausfindig zu machen, die fast überall und ohne alle Unterhaltungskosten realisirt werden kann. Nach Dulong's sinnreichen Versuchen beträgt die Menge des während der Zusammendrückung der Luft sich entwickelnden Wärmestoffs bei einer Verdichtung von $\frac{1}{267}$ des ganzen Volumens 0,421° C. Wird daher ein Quantum so weit comprimirt, daß sich seine nunmehrige Dichte zur anfänglichen wie 2:1 verhält, so ist die Temperaturerhöhung desselben 56,203° C.; verhält sich diese Dichte wie 4 : 1, so beträgt die entwickelte Wärme 112,406° C.; bei 8:1 beträgt die entwickelte Wärme 168,609° C. u. s. w. Auf welche Weise nun diese dergestalt künstlich frei gemachte Wärmemenge als Surrogat der durch Brennmaterial auf gewöhnlichem Wege hervorgebrachten dienen könne, wird später gezeigt werden.

6. Reibung.

Werden Körper von gleicher oder ungleicher Beschaffenheit gegenseitig aneinandergerieben, so tritt je nach der Stärke und Dauer der Reibung schwächere oder stärkere Wärmeentwicklung ein, die sich so steigern kann, daß sich selbst die geriebenen Körper, (wenn diese brennbar sind) entzünden können, Seile, Bohrer, Sägen u. s. w. werden während des Gebrauches warm. Kanonen erhitzen sich während des Ausbohrens, Glas und Stein beim Schleifen; die Hände werden durch's Reiben erwärmt, Hölzer heftig aneinandergerieben entzünden sich, so auch Wagenachsen und Zapfen in Maschinenrädern, wenn sie nicht gehörig eingeschmiert sind; Mühlsteine haben schon oft, wenn sie leer herumgetrieben wurden, Feuer verursacht. Es lassen sich selbst nach Davy zwei Scheiben von

Eis schmelzen, wenn man sie in einer Atmosphäre unter Null gegen einander reibt.

Die merkwürdigsten Versuche, um die Wirkungen der Reibung bei der Wärmeproduction zu untersuchen, wurden von Rumford angestellt. Er nahm eine massiv gegossene Kanone, so wie sie die Gießerei liefert. Er schnitt ihr Ende ab, und machte daraus auf der Drehbank einen 10 Zoll langen und 8 Zoll starken Cylinder; er war mit der Kanone mittelst eines kleinen cylindrischen Halses verbunden. In diesen Cylinder wurde ein Loch von $3\frac{7}{10}$ Zoll Durchmesser und $7\frac{3}{10}$ Zoll Tiefe gebohrt. In dasselbe wurde ein grober stählerner Bohrer gesteckt, so daß er gegen den Boden fiel, und mittelst einer von Pferden bewegten Maschine umgedreht. Zugleich wurde senkrecht auf der Richtung des Bohrers in den Cylinder ein Loch gebohrt, welches sich etwas über das Ende des Bohrers hinauserstreckte. In dasselbe wurde ein Thermometer gesteckt, um die Wärme, welche der Cylinder angenommen hatte, zu bestimmen, und um das Entweichen von Wärme zu verhindern, war der Cylinder mit Flanell umgeben. Der Bohrer drückte mit einer Last von ungefähr 10,000 Pfund gegen den Boden des Loches und der Cylinder drehte sich in zwei Sekunden einmal um seine Achse. Beim Beginn des Experiments betrug die Temperatur des Cylinders $12\frac{1}{2}^0$, nach Verlauf einer halben Stunde $43\frac{1}{2}^0$. Der durch Reibung entstandene metallene Staub wog 837 Gran. Nimmt man an, daß die Wärme, welche die Temperatur des Cylinders erhöhte, alle aus diesem Staube entwickelt wurde, so mußte derselbe einen ungeheuren Hitzgrad haben. Das Gewicht des Cylinders war 948 mal höher als das des Staubes; um daher den Cylinder um 1^0 zu erwärmen, mußte der Staub um 948^0 erwärmt worden sein, und da jener um 29^0 wirklich erhitzt

worden war, so mußte die Wärme des Staubes eine Wärme von 948×29° = 27492° sein. Bei einem anderen Experiment umgab Rumford den Cylinder mit einem mit Wasser angefüllten Gefäß, welches alle Luft abhielt, indem Cylinder und Bohrer mit Wasser umgeben waren. Die Bewegung des Instrumentes wurde durch die Vorrichtung nicht gehindert. Die Gewichtsmenge des Wassers betrug 18,77 Pfund und die Temperatur des Ganzen zu Anfang des Versuchs $12\frac{1}{2}$°. Der Cylinder wurde eine halbe Stunde lang mit derselben Geschwindigkeit, als vorher umgedreht, und das Wasser hatte alsdann eine Temperatur von 33°; nach einer weitern halben Stunde betrug die Temperatur 65° und in $2\frac{1}{2}$ Stunden vom Anfang des Experiments kochte das Wasser. Man berechnete, daß diese bei dem Prozeß entwickelte Wärme im Stande sey, $26\frac{1}{2}$ Pfund Wasser von 0° bis zum Sieden zu bringen.

7. Chemische Verbindung.

Die chemische Verbindung zweier oder mehrerer Körper hat immer eine Temperaturveränderung zum Begleiter. Bei inniger Verbindung tritt stets Erhöhung der Temperatur ein, im entgegengesetzten Fall oft Sinken derselben. Wenn man Wasser auf ungelöschten Kalk gießt, so entsteht eine Temperatur, die weit über der des siedenden Wassers ist. Das Wasser geht bei diesem Prozeß aus dem flüssigen in den festen Zustand über und tritt dabei, eben so wie beim Gefrieren, alle seine gebundene Wärme ab. Bringt man Sauer- und Wasserstoffgas in dem Gewichtsverhältniß von 8 zu 1 in ein und dasselbe Gefäß, so wird ein durchgehender electrischer Funken eine Verbindung von beiden Stoffen und die Entstehung von Wasser veranlassen. Die bei dem Uebergange dieser Gase

zu dem flüssigen Zustande, der durch die Verbindung erlangt worden, erzeugte Hitze ist sehr bedeutend.

Die verschiedenen Hitzgrade, deren wir bedürfen, erhalten wir dadurch, daß wir einen der Bestandtheile der atmosphärischen Luft, Sauerstoff genannt, mit andern Körpern, welche verbrennliche Körper heißen, wie Kohle, Holz u. s. w. eine Verbindung eingehen lassen.

8. Thierisches Leben.

Eine Wärmequelle gewähren die lebenden Organismen, vorzüglich indem sie innerhalb ihrer Leiber den Verbrennungen analoge Veränderungen veranlassen und während ihrer Lebensdauer unterhalten. Insbesondere gehört hieher der Zusammenhang der Athmungserscheinungen mit den Verbrennungsphänomenen. Die Luft, welche wir einathmen, wird in derselben Weise verändert, wie die Luft, welche zur Verbrennung gedient hat; der Sauerstoff der Luft wird in Kohlensäure verwandelt, es findet also in der Lunge eine förmliche Verbrennung statt. Durch die Speisen wird dem Körper der Kohlenstoff zugeführt, welcher sich in der Lunge mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft verbindet; durch die Oxydation des Kohlenstoffs im Thierkörper muß aber nothwendig dieselbe Wärmemenge erzeugt werden, als ob der Kohlenstoff durch schnelle Verbrennung in Kohlensäure verwandelt worden wäre. Deßhalb können Menschen und Thiere nur in einer Luft, welche hinreichend reich an Sauerstoff ist, andauernd leben. Die sich wenig ändernde Wärme des Menschen ist 36,87° C.

Die Wärme wirkt auf die Körper auf zwei von einander verschiedene Arten. Sie verändert nämlich entweder ihr Volumen

oder ihren Aggregatszustand. Im ersten Falle wirkt sie auf das Gefühl und das Thermometer und heißt freie Wärme; im zweiten wirkt sie auf keines von beiden und heißt gebundene (latente) Wärme.

Für die Wärme gilt das Gesetz, daß jeder Körper bei zunehmender Wärme, je nach dem Grade seiner Erwärmung an Volumen zunimmt, und umgekehrt, bei abnehmender Wärme auch an Volumen abnimmt, welches man gewöhnlich so ausdrückt: Wärme dehnt die Körper aus, Kälte zieht sie zusammen. Dabei dehnen sich die luftförmigen am stärksten, die flüssigen weniger stark, und die festen am wenigsten aus, wenn sie gleicher Wärme ausgesetzt werden, so z. B. werden:

aus	1000	Cubikfuß	Luft	1375
„	1000	„	Wasser	1047
„	1000	„	Eisen	1000½ *)

wenn ihre Temperatur von 0 bis 80° nach Réaumur'schem Thermometer erhöht wird.

*) Wegen der Ausdehnung des Eisens darf man bei größeren Bauten, wo eine größere Zahl von Eisenstäben aneinander gereiht werden muß, z. B. bei Eisenbahnen, Kettenbrücken 2c., nicht ein Stück genau an das andere anstoßen lassen, sondern man muß sie so ineinander schieben, daß noch ein kleiner Zwischenraum für die Ausdehnung bleibt. Bei Röhrenleitungen (z. B. Wasser- oder Dampfleitungsröhren), welche durch die Abwechslungen der Jahreszeiten, oder durch die Unterbrechung der Arbeit bedeutende Veränderungen erleiden, ist die Sache schwieriger; man erreicht hier den Zweck durch Bleistreifen (sogenannte Ausgleichungsröhren), mit welchen man dasjenige Ende der Röhre umwickelt, welches in die weitere Oeffnung der folgenden Röhre hineingesteckt wird. Gußeisen in Gestalt von Platten, wie wir sie bei Heizapparaten angewendet finden, sind dem Zerspringen durch ungleiche Ausdehnung sehr häufig unterworfen. Indem sich die dem

Außerdem dehnen sich wieder die festen Körper miteinander verglichen, und die flüssigen Körper miteinander verglichen, verschieden stark aus, während alle Luftarten gleich stark ausgedehnt werden. Eine schlaffe zugebundene Blase der Wärme ausgesetzt, dehnt sich aus.

Feuer oder der Wärme zugekehrte Fläche erhitzt, zeigt sich das Bestreben, sich auszudehnen, und da die Wärme auf die eine Seite bedeutender wirkt, als auf die andere, so würde sich die Masse krümmen oder biegen müssen; wegen Mangel an Biegsamkeit zerspringt sie. Diesem Uebelstande kann vorgebeugt werden, erstens dadurch, daß man die Platten nicht zu stark anfertigen läßt, damit sie sich schneller und durchaus gleichförmig erwärmen können; zweitens verhindert man das Zerspringen der dem Feuer am meisten ausgesetzten Platten mit Erfolg dadurch, daß man denselben bei der Anfertigung eine leichte Krümmung gibt — was bei dem Ausheben der Platten aus der Form in noch glühendem Zustande leicht bewerkstelligt werden kann. — Die Platte wird dann so gestellt oder gelegt, daß die hohle (konkave) Fläche dem Feuer zugekehrt ist. Es leuchtet ein, daß hier die Krümmung dazu beiträgt, dem vor der gleichmäßigen Erwärmung sich äußernden Biegungsbestreben der Platte eine hindernde Kraft entgegen zu stellen. Auch fertigt man jetzt in den Gießereien größere Platten, welche z. B. als Böden von Bratröhren oder sogenannten Kochmaschinen der Wärme am meisten preisgegeben werden sollen, aus mehreren Stücken an, um gedachtem Uebelstande abzuhelfen. Die Stücke liegen in einem mit einer Nuthe oder einem Falze versehenen Rahmen, so daß ihnen zum Ausdehnen Spielraum bleibt, und sind, wie auch der Rahmen, möglichst dünn. Bei den Pendeluhren ist die Stange, welche die Linse trägt, allen Veränderungen der Temperatur und Atmosphäre unterworfen, hat daher in jedem Augenblicke eine andere Lage, wodurch ein unregelmäßiger Gang der Uhr herbeigeführt wird. Sie geht vor, wenn es kalt und geht nach, wenn es warm ist.

Aus mit Bier, Wein ꝛc. gefüllten Flaschen werden, wenn sie im Winter aus dem Keller in die warme Stube gebracht werden, nach einiger Zeit oft die Pfropfen herausgeworfen.

Eine scheinbare Ausnahme von jenem allgemeinen Gesetze machen auf der einen Seite der Thon, das Holz, das Obst ꝛc., welche sich durch die Wärme zusammenziehen, auf der anderen Seite das Wasser, welches, indem es gefriert, sich ausdehnt. Jene Erscheinung beruht darauf, daß die Flüssigkeit aus den Poren durch die Wärme als Gas ausgetrieben wird, und die Körpertheile sich in den leer gewordenen Poren ausdehnen und mehr zusammenrücken; und diese Erscheinung wird daraus erklärt, daß die Wassertheile, ehe sie gefrieren, sich erst krystallinisch ordnen müssen, wozu sie einen größern Raum gebrauchen; deßhalb ist auch die ausdehnende Kraft des Wassers so groß, daß durch dieselbe eiserne Wasserleitungsröhren, Bomben, ja sogar Felsen gesprengt wurden; auch bekommen deßhalb Bäume im Winter Risse.

Tabelle der linearen *) Ausdehnung fester Körper.

Namen der Körper.	Temperatur Intervall.	Ausdehnung. in Decimalbrüchen	Ausdehnung. in gewöhnlichen Brüchen.
Englisches Flintglas	0 bis 100°	0,00081166	$\frac{1}{1248}$
Platin	" " "	0,00085655	$\frac{1}{1167}$
Französisches bleihaltiges Glas	" " "	0,00087199	$\frac{1}{1147}$
Bleifreie Glasröhren	" " "	0,00087572	$\frac{1}{1142}$
Glas von St. Gobain	" " "	0,00107880	$\frac{1}{927}$

*) Multiplicirt man diese Ausdehnung der festen Körper in die Länge mit 3, so erhält man ziemlich genau ihre räumliche Ausdehnung.

Namen der Körper.	Temperatur Intervall.	Ausdehnung in Decimalbrüchen	Ausdehnung in gewöhnlichen Brüchen.
Stahl (gehärtet)	0 bis 100°	0,00123956	$\frac{1}{807}$
Weiches Eisen (geschmd.)	„ „ „	0,00122045	$\frac{1}{819}$
Stabeisen	„ „ „	0,00123504	$\frac{1}{812}$
Gold	„ „ „	0,00146606	$\frac{1}{682}$
Kupfer	„ „ „	0,00171220	$\frac{1}{584}$
Messing	„ „ „	0,00186670	$\frac{1}{535}$
Silber	„ „ „	0,00190868	$\frac{1}{524}$
Zinn	„ „ „	0,00217298	$\frac{1}{462}$
Blei	„ „ „	0,00284836	$\frac{1}{351}$
Antimon	„ „ „	0,00108333	$\frac{1}{923}$
Wismuth	„ „ „	0,00139167	$\frac{1}{719}$
Kupfer, 8 Thl. mit 1 Thl. Zinn	„ „ „	0,00181667	$\frac{1}{550}$
Messingdraht	„ „ „	0,00193333	$\frac{1}{517}$
Spiegelmetall zu Telesk.	„ „ „	0,00193333	$\frac{1}{517}$
Loth (2 Theil Kupfer, 1 Theil Zink)	„ „ „	0,00205833	$\frac{1}{486}$
Weißes Lth. (1 Thl. Zinn, 2 Theil Blei)	„ „ „	0,00250533	$\frac{1}{399}$
Zink	„ „ „	0,00294167	$\frac{1}{340}$
Palladium	„ „ „	0,00100000	$\frac{1}{1000}$
Holz (Tannenholz)	„ „ „	0,00040833	$\frac{1}{2291}$
Kohle von Tannenholz	„ „ „	0,00100000	$\frac{1}{1000}$
Kohle von Eichenholz	„ „ „	0,00120000	$\frac{1}{833}$
Stein	„ „ „	0,00043627	$\frac{1}{2304}$
Töpferzeug (braun. engl.)	„ „ „	0,00012000	$\frac{1}{8333}$
Töpferzeug (durch Kohle porös gemacht)	„ „ „	0,00004000	$\frac{1}{25000}$

Von 0 bis 100° ist im Allgemeinen die Ausdehnung der festen Körper regelmäßig, über 100° hinaus aber nimmt sie zu. So z. B. dehnt sich ein Metall beim Uebergang von 200° zu 300° mehr aus, als beim Uebergang von 100° zu 200°; dieses Fortschreiten wird vorzüglich sehr merklich bei den Temperaturen, welche dem Schmelzpunkte der Körper nahe kommen.

Aehnlich wie die festen Körper verhalten sich hinsichtlich ihrer Ausdehnung die tropfbar flüssigen. Nicht allein dehnen sie sich ungleich aus, sondern es gibt auch keinen, dessen Ausdehnung gleichförmig oder der Temperatur proportional wäre. Der allerdings immer nur kleine Unterschied wird doch mit steigender Temperatur immer größer.

Tabelle über die Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper.

Namen der Körper.	Temperatur Intervall.	Ausdehnung in Decimalbrüchen	Ausdehnung in gewöhnlichen Brüchen.
Salzsäure (specifisches Gewicht = 1,137	0 bis 100°	0,0600	$\frac{1}{17}$
Salpetersäure (specifisches Gewicht = 1,400)	" " "	0,1100	$\frac{1}{9}$
Schwefelsäure (specifist. Gewicht = 1,850	" " "	0,0600	$\frac{1}{17}$
Alkohol	" " "	0,1100	$\frac{1}{9}$
Wasser	" " "	0,0466	$\frac{1}{22}$
Gesättigte Salzsole	" " "	0,0500	$\frac{1}{20}$
Schwefeläther	" " "	0,0700	$\frac{1}{14}$
Feine Oele	" " "	0,0800	$\frac{1}{12}$
Terpentinöl	" " "	0,0700	$\frac{1}{14}$
Quecksilber	" " "	0,018018	
Quecksilber	0 bis 200°	0,0184331	
Quecksilber	0 bis 300°	0,0188679	

Alle Gase, alle Dämpfe, so lange sie den Gaszustand behalten, werden durch gleiche Temperatur-Anwüchse gleich stark ausgedehnt, und zwar ist die Zunahme ihres Volums gleich unter jedem Druck, der nur ihren Gaszustand ungeändert läßt. Gewöhnliche Luft, Sauerstoff, — Wasserstoff, — kohlensaures, salzsaures und schwefligsaures Gas und Aetherdampf dehnen sich beim Erhitzen von 0 bis 100° C. um 0,375 ihres Volumens aus. Diese Bestimmung gibt für jeden Grad C. $\frac{1}{271}$, das heißt 274 Cubiczoll Luft bei 0°; jene Gase dehnen sich bei + 1° auf 274, bei 2° auf 276 und bei 100° auf 374 Cubiczoll aus, und ihr Volum ist bei 274° verdoppelt, bei 548° verdreifacht u. s. w.

Auf der Erfahrung, daß Wärme das Volumen der Körper ändert, und daß man also umgekehrt aus der Aenderung des Volumens eines Körpers auf eine Aenderung seiner Wärme schließen könne, beruhen die Thermometer (Wärmemesser) und die Thermoscope (Wärmezeiger); Instrumente, deren Bestimmung ist, die Grade der Temperatur zu bestimmen und unter sich zu vergleichen. Das Thermometer wurd- um das Jahr 1630 von einem holländischen Landmanne, Namens Cornelius Drebbel *), erfunden; wo es aber noch höchst unvollkommen war, bis es später von der Akademie zu Florenz, Bernoulli u. a. bedeutend verbessert wurde. Die richtigen Grundsätze seiner Verfertigung aber sind jedoch erste zu Anfang des 18. Jahrhunderts und zwar zu gleicher Zeit von Fahrenheit und Réaumur in Frankreich gefunden worden. Das erste Thermometer war ein Luftthermometer.

Man unterscheidet 3 Arten von Thermometern. Die

*) Sehr häufig wird ein berühmter Arzt in Padua, Namus Sanktorius, als Erfinder genannt.

ersten sind aus festen Körpern verfertigt und dienen zur Messung der hohen Temperatur; die zweiten mit tropfbar flüssigen Körpern dienen zur Messung niedriger mittlerer Temperatur; die dritten mit Luft werden nur gebraucht, wenn es sich darum handelt, schwache Temperatur-Veränderungen bemerklich zu machen.

Die Thermometer aus festen Körpern führen den Namen Metallthermometer. Die Metallthermometer sind entweder geradlinige Stangen, oder bogen-spiralförmig mit einander verbundene Streifen von verschiedenem Metall, die durch ihre Verlängerungen Zunahme, und durch ihre Verkürzungen Abnahme der Wärme anzeigen. Bei jenen sind ein Hebel und eine in Grade getheilte Scheibe, bei diesen ist eine durchbrochene auf Füße gestellte Kreisscheibe und ein Zeiger nöthig, um die Veränderungen im Volumen sichtbar zu machen, und mit einander hinsichtlich der Größe zu vergleichen.

Thermometer mit tropfbaren Flüssigkeiten. Es können mehrere tropfbare Flüssigkeiten zur Verfertigung von Thermometern, wie z. B. Weingeist, Quecksilber rc. dienen; den Vorzug unter ihnen verdient aber das Quecksilber; 1) kocht es erst bei einer höheren Temperatur als alle andern Flüssigkeiten; 2) ist es empfindlicher gegen die Wirkung der Wärme sowohl seines Leitungsvermögens, als seiner geringen Capacität für die Wärme halber.

Man verfertigt ein Quecksilberthermometer auf folgende Art. Man nehme eine capillare Röhre, das heißt eine solche von sehr kleinem aber überall gleichem Durchmesser, die am Ende mit einer angeblasenen Kugel versehen ist; man füllt diese Kugel und den untern Theil der Röhre mit reinstem Quecksilber, den obern Theil macht man möglichst luftleer und schmilzt oben zu. Um nun dieses Instrument vergleichbar zu machen, müssen auf demselben zwei Punkte, die unter gleichen

Umständen leicht zu ermitteln sind, bestimmt und der Abstand zwischen diesen Punkten in eine bestimmte Anzahl gleicher Theile (Grade) getheilt werden. Dies geschieht, indem man, die mit Quecksilber gefüllte Röhre in aufthauendes Eis oder geschmolzenen Schnee bringt, einige Zeit darin läßt, wo sich das abgekühlte Quecksilber bis zu einem gewissen Punkte zusammenzieht, den man mit Null bezeichnet, und Aufthauungs- (Eis-, Frost-, Gefrier-) Punkt nennt. Ist dieser bestimmt, so taucht man darauf das Thermometer in siedendes Wasser, bezeichnet auch den Punkt, bis zu welchem das Quecksilber sich wieder ausdehnt und nennt ihn, im Gegensatz des ersteren, Siede- oder Kochpunkt. Diese zwei Punkte heißt man die Haupt- oder Fundamentalpunkte und den Abstand dieser beiden festen Punkte den Fundamentalabstand, den man endlich noch in Grade eintheilt, von welchen man auch unter Null aufträgt. Die Grade unter Null heißen Kältegrade und werden durch das Zeichen —, die Grade über Null heißen Wärmegrade und werden durch + angezeigt.

Die gebräuchlichsten Quecksilberthermometer sind folgende:

1) Das Centesimal- oder Celsius'sche Thermometer, oder das Thermometer mit der hunderttheiligen Scale, hat am Frostpunkte 0, am Siedepunkt 100 stehen. Es wird besonders in Schweden und Frankreich gebraucht.

2) Das Réaumur'sche oder de Lüc'sche Thermometer, wo der Fundamentalabstand in 80 gleiche Theile getheilt ist, also der Frostpunkt mit 0, der Siedepunkt mit 80 bezeichnet wird, ist besonders in Frankreich, Italien, Spanien und Deutschland gebräuchlich.

3) Das Fahrenheit'sche Thermometer, dessen Fundamentalentfernung 180 Grade hat, welches aber am Frostpunkte nicht mit 0, sondern mit 32, am Siedpunkte nicht mit

180, sondern mit 212 bezeichnet ist. Es giebt nämlich auf dieser Scale zwei Gefrierpunkte, einen natürlichen, der mit dem Nullpunkte der beiden vorhergehenden Scalen zusammenfällt, weil er auf dieselbe Art bestimmt worden ist, und einen künstlichen, nämlich denjenigen Punkt, bis zu welchem das Quecksilber sinkt, wenn das Thermometer in eine sogenannte kalt machende Mischung aus Schnee und Salmiak getaucht wird, und welcher 32 Grade unter dem natürlichen Frostpunkte liegt. Vom künstlichen Frostpunkte fängt man bei dieser Scale an zu rechnen, er ist daher mit 0, der natürliche aber mit 32, und der Siedepunkt mithin mit 32 + 180 = 212 bezeichnet. Es wird vorzugsweise in England gebraucht.

4) Das de l'Isle'sche Thermometer, welches in Rußland gebräuchlich ist, hat die Fundamentalentfernung in 150 Grade eingetheilt; der Siedepunkt ist hier mit 0, und der Frostpunkt mit 150 bezeichnet.

Man erkennt hienach leicht, daß nach dieser verschiedenen Eintheilung die Grade der vier Scalen eine verschiedene Größe haben müssen, es sind nämlich:

$$9^0 \text{ F.} = 7{,}5^0 \text{ D.} = 5^0 \text{ C.} = 4^0 \text{ R.}$$

Hieraus ergiebt sich, wie man die Grade der einen Scale in die der andern verwandeln kann. Will man z. B. Réaumur'sche Grade in Celsius'sche umwandeln, so multiplicirt man die Zahl der Réaumur'chen Grade mit 1,25 oder mit $\frac{5}{4}$. Will man umgekehrt Celsius'sche Grade in Réaumur'sche verwandeln, so multiplicirt man die gegebene Zahl mit 0,8 oder, was dasselbe ist, mit $\frac{4}{5}$.

$$100^0 \text{ C.} = 80^0 \text{ R.}$$
$$1^0 \text{ C.} = 0{,}8^0 \text{ R.}$$
$$1^0 \text{ R.} = 1{,}25^0 \text{ C.}$$

Es sind demnach

$$x^0 \text{ C.} = x.\ 0{,}8^0 \text{ R.}$$

und x^0 R. = x. $1{,}25^0$ C.

Z. B. 24^0 C. wie viel Grade nach R.?

$$24^0 \text{ C.} = 24.0{,}85.\ \text{R} = 19{,}2^0 \text{ R.}$$

24^0 R. wie viel Grade nach C?

$$24^0 \text{ R.} = 24.1{,}25^0 \text{ C.} = 30^0 \text{ C.}$$

Will man Fahrenheit'sche Grade in Celsius'sche verwandeln, so hat man von der gegebenen Gradezahl 32 abzuziehen und den Rest mit $\frac{5}{9}$ zu multiplizieren. Will man Celsius'sche Grade in Fahrenheit'sche verwandeln, so multiplicirt man mit $\frac{9}{5}$ und addirt zum Produkt 32.

$$180^0 \text{ F.} = 100^0 \text{ C.}$$

$$1^0 \text{ F.} = \tfrac{5}{9}^0 \text{ C.}$$

$$1^0 \text{ C.} = \tfrac{9}{5}^0 \text{ F.}$$

Es sind demnach

$$x^0 \text{ F.} = [x-32]\ \tfrac{5}{9}^0 \text{ C.}$$

$$y^0 \text{ C.} = [y \cdot \tfrac{9}{5} + 32]^0 \text{ F.}$$

Z. B. 40^0 F. wie viel Grade nach C.?

$$40^0 \text{ F.}\ (40-32)\ \tfrac{5}{9}^0 \text{ C.} = 4\tfrac{4}{9}^0 \text{ C.}$$

40^0 C. wie viel Grade nach F.?

$$40^0 \text{ C.} = (40 \cdot \tfrac{9}{5} + 32)^0 \text{ F.} = 104^0 \text{ F.}$$

Zur Vergleichung der verschiedenen Scalen kann folgende Tabelle dienen.

Celsius.	Réaumur.	Fahrenheit.
— 20	— 10	— 4
— 10	— 8	+ 14
0	0	32

Celsius.	Reaumur.	Fahrenheit.
+ 10	+ 8	+ 50
20	16	68
30	24	86
40	32	104
50	40	122
60	48	140
70	56	158
80	64	176
90	72	194
100	80	212

Weingeist-Thermometer. Statt mit Quecksilber kann man auch Thermometer mit Weingeist, der mittelst Orseille roth gefärbt ist, füllen. Allein ihre Empfindlichkeit ist nicht so groß, weßhalb diese Instrumente auch nur geringe Genauigkeit haben. Diese Thermometer eignen sich sehr zur Messung von niedrigen Temperaturen, bei denen das Quecksilber-Thermometer nicht angewendet werden kann, indem das Quecksilber gefriert, während der Weingeist bei der größten Kälte nicht gefriert. Mit dem Quecksilber-Thermometer mißt man Temperaturen zwischen + 380 und — 38⁰, mit dem Weingeist-Thermometer aber Temperaturen, die zwischen + 70 und — 70⁰ sind.

Luft-Thermometer. Diese bestehen aus einer ziemlich langen, an dem einen Ende offenen und am andern umgebogenen und mit einer Kugel versehenen Haarröhre. Diese Röhre wird mit Quecksilber so weit gefüllt, daß es in der Kugel etwa zur Hälfte steht, sodann dieselbe weiter mit trockner Luft gefüllt und die Scale wie gewöhnlich graduirt. Die eingeschlossene Luft dehnt sich bei Zunahme der Wärme aus,

und bewirkt ein Fallen des Quecksilbers in der Kugel und ein Steigen desselben in der Röhre; bei Abnahme der Wärme findet natürlich genau das Umgekehrte statt. Diese Instrumente haben das sehr Nachtheilige, dem Einflusse des Luftdrucks unterworfen zu seyn, und daher mit den Barometerhöhen zu wechseln. Man benutzt sie nur bei sehr feinen Untersuchungen, da sie sehr empfindlich sind, und zur Messung sehr niedriger Temperaturen.

Pyrometer. Zur Bestimmung sehr hoher Grade von Hitze, wie sie in den Brenn- Flammofen, den Steingut- und Porcellain-Fabriken vorkommen, braucht man den Pyrometer (Feuermesser, Glühmesser). Die meisten sind nichts anders als Metallstangen von der Einrichtung, daß sie eine Schätzung der Ausdehnung, welche sie durch die Wärme erfahren, angeben. Dasjenige indeß, welches am allgemeinsten angewandt wird, gründet sich auf die Eigenschaft, welche der Thon hat, indem dieser einer hohen Temperatur ausgesetzt schwindet. Dies Pyrometer, nach seinem Erfinder Wedgwood benannt, besteht aus 2 Stücken. Das erste ist ein kleiner Thoncylinder von 5,6 Linien im Durchmesser und 6—7 Linien Länge, auf der einen Seite etwas abgeplattet und in der Rothglühhitze gebrannt; das zweite ist ein Maßstab, bestimmt zur Messung der Volumen-Verminderung des erhitzten Thons. Es besteht aus einer Kupfer- oder Messingplatte, auf welcher zwei Lineale angebracht sind. Diese sind vollkommen gleich, 22,5 Zoll lang, und lassen einen convergirenden Zwischenraum zwischen sich, dessen Oeffnung am einen Ende 5,6 Linien, am andern 3,3 Linien beträgt. Das eine Lineal ist in 240 gleiche Theile abgetheilt, welche man Grade nennt; der Nullpunkt der Eintheilung ist an das weitere Ende hingesetzt. Gewöhnich theilt man das Instrument in zwei Theile ein, um es

tragbarer zu machen, so daß man auf der nämlichen Platte zwei convergirende Fugen erhält, wovon eine als Fortsetzung der andern zu betrachten ist. Zur Vergleichbarkeit dieses Instrumentes ist erforderlich, daß die kleinen Cylinder immer von demselben Thon gebildet werden, und daß dieser Thon durchaus unschmelzbar sey. Will man z. B. die Temperatur kennen lernen, bei welcher das Kupfer schmilzt, so lege man einen dieser Cylinder zugleich mit dem Kupfer in den Tiegel; und ziehe ihn, sowie das Metall geschmolzen ist, sogleich wieder heraus, lasse ihn erkalten, und sehe zu, bis zu welchem Grade er dann in der Fuge vorzuschreiten vermag. Man wird finden, daß er bis 27° geht. Wenn die Substanz von der Art ist, daß sie verglast und sich am Cylinder anhängt, so muß man sie zuvor in ein Futteral von Ziegelerde stecken.

Bei Wedgwoods Pyrometer ist der Nullpunkt bei der Rothglühhitze des Eisens, das ist bei 464,44° R. = 580,55° C. = 1075° F. und jeder Grad beträgt 57,77° R. = 72,22° C. = 160,99° F.

Wiewohl alle Körper Wärme annehmen und sie in sich nach allen Seiten verbreiten oder Wärmeleiter sind, so giebt es doch einen auffallenden Unterschied in Hinsicht der Schnelligkeit, mit welcher sie die Wärme annehmen, in sich fortpflanzen und sie wieder an andere Körper abgeben. Darauf beruht der Unterschied zwischen guten und schlechten Wärmeleitern. Gute Wärmeleiter nennt man alle Körper, welche dargebotene Wärme schnell annehmen, sie schnell durch sich durchführen, und eben so schnell andern Körpern abgeben, also schnell erkalten, — schlechte Wärmeleiter dagegen alle Körper von entgegengesetzter Beschaffenheit.

Wärmeleitendes Vermögen verschiedener Körper.

a) Wasser = 1.

Luftleerer Raum	0,1760.
Atmosphärische Luft	0,2550.
Holzasche	0,7072.
Schwefelsäure	0,7764.
Eisenrost	0,8889.
Kupfer	0,8970.
Eisen	0.9430.
Messing	0,9430.
Kuhmilch	0,9727.
Essig	0,9900.
Wasser	1,0000.
Gold	1,0504.
Feuchte Luft	1,0543.
Salpetersäure	1,0989.
Eis für Temperatur unter Null	1,2130.
Silber	1,2195.
Salzsäure	1,2787.
Kalkstein	1,3674.
Baumöl	1,5427.
Zinn	1,5410.
Zink	1,5455.
Bleioxyd	1,6474.
Spiesglanz	1,6952.
Weingeist	2,0379.
Leinöl	2,0412.
Steinkohle	2,4005.
Quecksilber	2,2311.
Blei	2,3138.

Wismuth	2,3584.
Terpentinöl	2,3738.
Schwefel	3,0358.

b) Luft = 1. (Nach Rumford.)

Feines Linnen	0,5581.
Baumwolle	0,5506.
Schafwolle	0,5152.
Rohe Seide	0,4485.
Biberhaare	0,4444.
Eider-Dunen	0,4413.
Hasenhaare	0,4380.

c) Wasser = 1. (Nach Mayer.)

Ebenholz	2,17.
Apfelbaumholz	2,74.
Eschenholz	3,08.
Rothbuchenholz	3,21.
Weißbuchenholz	3,23.
Zwetschgenholz	3,25.
Ulmenholz	3,25.
Sommereichenholz	3,26.
Birnbaumholz	3,32.
Birkenholz	3,41.
Wintereichenholz	3,63.
Föhrenholz	3,75.
Erlenholz	3,84.
Fichtenholz	3,86.
Tannenholz	3,89.
Lindenholz	3,90.

Setzt man die Wärmeleitungs-Fähigkeit des Goldes = 1000, so ist die des

Platins	981.
Silbers	973.
Kupfers	808.
Eisens	374.
Zinks	363.
Zinnes	304.
Bleies	180.
Marmors	24.
Porzellains	12.
Ziegelsteines	11,4.

Aus obigen Angaben ist ersichtlich, daß die Metalle die besten Wärmeleiter sind; weniger gute Leiter sind die Steine, die Ziegel, das Glas; schlechte Wärmeleiter sind Federn, Haare, Wolle, Stroh *), Heu, Papier **), Holz, Kohlen; und einer der schlechtesten Wärmeleiter ist der dem Lande so wohlthä-

---

*) Daher sind hölzerne Häuser, die mit Stroh gedeckte Lehmdächer haben, im Winter wärmer, als gemauerte, mit Schindeln gedeckt. Eiserne Oefen haben vor den Ziegel- und Kachelöfen den Vorzug, wenn es sich um schnelle Heizung handelt, diese aber vor jenen, wenn die Heizung lange ausdauern soll. Aus demselben Grunde werden Bäume, Weinreben und Wasserpumpen im Winter mit Stroh umwickelt, weil dasselbe die Wärme sehr langsam leitet.

**) Papierne Ofenschirme sind besser als gläserne oder metallene, und doppeltpapierne, so daß eine dünne Luftschicht eingeschlossen ist, besser als einfache. Um ein auf einen Ofen gestelltes Glas vor Zerspringen, was Folge der ungleich großen Ausdehnung des untern und obern Theiles ist, zu schützen, legt man Papier unter; man kann Wasser in papiernen, aber nicht in hölzernen Gefäßen kochen, so wie Blei auf einer Spielkarte schmelzen.

tige Schnee *). Unter Schnee kann es nie so tief und stark gefrieren. Die flüssigen Körper (Quecksilber ausgenommen) sind mehr zu den schlechten als zu den guten Wärmeleitern zu zählen, die Luft dagegen im Zustand der Ruhe zu den schlechtesten. So oft daher Wärme schnell verbreitet werden soll, geschieht es durch gute Wärmeleiter, und so oft sie irgend wo zurückgehalten werden soll, bedient man sich hiezu der schlechten Wärmeleiter.

Die Verbreitung der Wärme in flüssigen Körpern unterscheidet sich von der in festen Körpern, wenn sie von unten erwärmt werden, vornehmlich dadurch, daß nicht blos jeder erwärmte Theil allen ihn berührenden Theilen Wärme auf gewöhnliche Weise mittheilt, sondern daß auch die untern Schichten, welche zunächst erwärmt und dadurch specifisch leichter geworden sind, sich erheben, und indem sie die oberste Stelle zu gewinnen suchen, die ganze Flüssigkeit oder Luftschicht erwärmen. Die dadurch in der Flüssigkeit oder Luft entstandene Störung läßt sich bemerken. Deßhalb heizt sich eine niedrige Stube leichter, als eine hohe; Töpfe mit überall gleichem Durchmesser sind den bauchförmigen vorzuziehen.

Man unterscheidet strahlende und fortgeleitete Wärme. Die strahlende Wärme durchdringt gewisse Körper in derselben Weise wie das Licht durch die durchsichtigen Körper hindurchgeht; die Sonnenstrahlen z. B. treffen unsere Erde, nachdem sie die ganze Atmosphäre durchdrungen haben, sie erwärmen die Erdfläche, während die höheren Regionen der Luft kalt bleiben; die Wärmestrahlen gehen also größtentheils durch die Atmosphäre hindurch, ohne von ihr absorbirt zu werden; sie verbreiten sich nach allen Seiten in geraden Linien. Die

---

*) Deßhalb die Wiederbelebung erfrorner Glieder durch Schnee.

Intensität der Wärmestrahlen nimmt ab mit dem Quadrate der Entfernung vom Entstehungspunkte.

Die fortleitende Wärme aber durchdringt die Körper ihren Dimensionen nach langsam, selbst wenn sie gute Wärmeleiter sind.

Das Vermögen der Körper, die Wärme auszustrahlen, ist sehr ungleich und hängt wesentlich von dem Zustande der Oberfläche ab; im Allgemeinen strahlen die Oberflächen der weniger dichten Körper unter sonst gleichen Umständen mehr Wärme aus, als die Oberflächen dichter Körper. Die Erfahrung hat gelehrt, daß ein Körper die Wärme desto besser leitet und ausstrahlt, je rauher und je dunkler seine Oberfläche ist. So geben weiße Oefen die Wärme langsamer ab, als schwarze; so wie unglasirte thönerne Oefen eine Stube schneller erwärmen als glasirte. Es ist deshalb gut, die Mauern, an denen Wein, Pfirsiche und anderes Obst gezogen wird, schwarz anzustreichen. Darum muß man auch im Sommer hellfärbige, im Winter dunkelfärbige Kleider anziehen.

Ausstrahlungsvermögen verschiedener Körper.

Lampenruß	100.
Wasser	100.
Schreibpapier	98.
Kronglas	90.
Chinesische Tusche	88.
Eis	83.
Angelaufenes Blei	45.
Quecksilber	20.
Glänzendes Blei	19.
Polirtes Eisen	15.
Zinn, Silber, Kupfer, Gold	12.

Kienruß	100.
Bleiweiß	100.
Hausenblase	91.
Tusche	85.
Gummilack	72.
Metallfläche	12.

Es giebt auch eine Zurückwerfung der Wärmestrahlen. Das beweisen die Versuche von Saussure und Peklet mit zwei großen Hohlspiegeln, welche in einer Entfernung von 10—12 Fuß so gestellt wurden, daß ihre Achsen in eine gerade Linie fielen. Wird in dem Brennpunkt des einen eine Lichtflamme, in dem des andern die Thermometerkugel gehalten, so steigt das Quecksilber sichtbar; so wie durch eine glühende Kohle in dem einen Brennpunkte Zunder, Schwefel entzündet werden kann. Deßhalb bringt man auch parabolische Nischen hinter die Stubenöfen an, damit die auf dieselben fallenden Wärmestrahlen in das Zimmer zurückgeworfen werden.

Zurückstrahlungsvermögen verschiedener Körper.

Messing und Bronce	100.
Silber	90.
Staniol	80.
Stahl	70.
Blei	60.
Zinnamalgam	10.
Glas	10.
Geöltes Glas	5.

Wenn zwei Körper von verschiedenen Temperaturen einander berühren, so theilt der wärmere dem weniger warmen so lange

Wärme mit, bis beide gleiche Temperatur haben, und zwar geschieht diese Mittheilung desto schneller, je größer die Differenz der Temperatur war. Ein solcher Gewinn auf der einen Seite und Verlust auf der andern Seite findet auch Statt, wenn wir einen Körper berühren und ihn kalt oder warm finden. Jeder Körper, der weniger erwärmt ist, als unser Körper, und uns also bei der Berührung Wärme entzieht, erscheint uns kalt, warm dagegen, wenn er wärmer ist und uns also Wärme abgiebt.

Zu den Wirkungen der Wärme gehört auch die Veränderung des Aggregats-Zustandes der Körper. Die Wärme ist es, wodurch Körper fähig werden, sich uns in so verschiedenen Gestalten zu zeigen. Sie verwandelt feste Körper in tropfbar-flüssige, und feste und tropfbar-flüssige in Dampf und Luft. Dabei wird jedesmal, ohne Erhöhung der Temperatur, ein bestimmter Antheil Wärme gebunden und durch die entgegengesetzte Veränderung wieder frei.

Viele feste Körper gehen, wenn freie Wärme auf sie einwirkt, in einen flüssigen Zustand über; aber sie brauchen hiezu bald viel, bald weniger Wärme.

Dieß bestimmt die Verschiedenheit der leicht und streng flüssigen Körper; denn einige sind leicht schmelzbar und gehen schon bei niedrigen Temperaturen in den flüssigen Zustand über, z. B. Eis, Phosphor, Schwefel, Wachs, Fett, u. s. w., andere bedürfen schon höherer Temperaturen, wie Zinn, Blei u. s. w.; endlich giebt es Körper, welche erst bei sehr hohen Temperaturen schemlzen, wie Gold, Eisen, Platin. Uebrigens gibt es auch Körper, die man bis jetzt noch nicht im Stande war vollkommen zu schmelzen, z. B Kohle, Graphit, Kalk, Diamant.

Die folgende Tabelle enthält die Schmelzpunkte verschiedener Substanzen.

Gehämmertes englisches Eisen	1600 Grad
Weiches französisches Eisen	1500 „
Strengflüssigster Stahl	1400 „
Leichtflüssigster Stahl	1300 „
Graues Gußeisen (zweite Schmelzung)	1200 „
Leichtflüssiges weißes Gußeisen	1050 „
Gold	1250 „
Silber	1000 „
Bronce	900 „
Antimon	432 „
Zink	360 „
Blei	334 „
Wismuth	256 „
Zinn	230 „
Legirung aus 5 Thln. Zinn u. 1 Thl. Blei	194 „
Schwefel	109 „
Legirung aus 8 Thln. Wismuth, 5 Thln. Blei 3 Thln. Zinn	100 „
Legirung aus 4 Thln. Wismuth, 1 Thl. Blei, 1 Thl. Zinn	94 „
Natrum	90 „
Kalium	58 „
Phosphor	43 „
Stearinsäure	70 „
Weißes Wachs	68 „
Gelbes Wachs	61 „
Stearin	49 „
Wallrath	49 „
Essigsäure	45 „

Seife	33 Grad
Eis	0 „
Terpentinöl	— 10 „
Blausäure	— 15 „
Brom	— 20 „
Vitriolöl	— 25 „
Quecksilber	— 39 „
Schwefeläther	— 44 „
Kohlensäure	— 65 „

Ein und derselbe Körper kann durch bloße Verbindung mit Wärme alle drei Aggregatsformen annehmen; so ist Eis, Wasser, Dampf immer derselbe Körper, aber mit verschiedenen Mengen von Wärme; Eis mit der wenigsten, Wasser mit mehr, Dampf mit der meisten Wärmemenge. Alle Körper, welche bei der gewöhnlichen Temperatur tropfbar-flüssig sind, und selbst mehrere von denen, die es erst bei 100, 200^0 Grad werden, wie der Schwefel ꝛc. vermögen bei einem gewissen Wärmegrad zu sieden, und den Gaszustand anzunehmen. Setzt man nämlich eine solche Flüssigkeit z. B. Wasser, in einem gläsernen oder irgend einem andern Gefäße über das Feuer, so wird sie heiß und dehnt sich bald bis zu einem gewissen Grade aus. Alsdann gerathen die Theile der Flüssigkeit, welche der Wärmequelle am nächsten sind, plötzlich in eine sehr starke Expansion, verwandeln sich in Dunst, werden dadurch leichter, als die, welche ihrem Zustande nach sich nicht verändert haben, streichen schnell durch sie hindurch, heben sie in die Höhe und bewirken eine Bewegung, welche man das Sieden oder Kochen nennt. Dieß Sieden tritt immer in dem Augenblicke ein, wo die Spannung des sich bildenden Dunstes der Spannung der atmosphärischen Luft gleich wird, und mithin sie aus der

Stelle zu treiben vermag. Diese Spannung der Luft ist aber um so geringer, je weniger dicht dieselbe ist. Sobald eine Flüssigkeit zu sieden beginnt, erhöht sich ihre Temperatur nicht weiter, auf welche Art auch ihr Sieden vor sich gehen mag, gleichviel langsam oder schnell; aller Wärmestoff, den sie noch aufnimmt, wird dazu verwandt, eine größere oder geringere Zahl ihrer Theile in Dampf zu verwandeln, und dabei von diesen Theilen gebunden oder latent gemacht, so daß er nicht weiter auf das Thermometer wirken kann; der sich bildende Dampf ist daher von der nämlichen Temperatur, als das siedende Wasser.

Dies läßt sich leicht folgender Gestalt nachweisen. Man fülle einen Kolben zur Hälfte mit Wasser, und bringe zwei Thermometer hinein, den einen über das Wasser, den andern in das Wasser. Bringt man nun das Wasser zum Sieden, so wird der zuvor mit Luft gefüllte Innenraum des Kolbens bald ganz und gar mit in Dampf verwandeltem Wasser angefüllt werden, und es wird sich dann zeigen, daß sich die beiden Thermometer auf dem nämlichen Grade, und zwar ohngefähr auf 100° befinden.

Es ist nun auch leicht zu folgern, daß, wenn man den Druck auf die Flüssigkeit vermehrt, dadurch das Kochen verzögert wird, und man es ganz verhindern kann, wenn man nur den Druck stark genug macht. Es ist dieß der Fall bei dem unter dem Namen des Papinianischen Topfes oder des Papinianischen Digestors bekannten Apparate. Dieser Apparat besteht aus einem cylindrischen Gefäße von Eisen, oder besser von Messing, oder Kupfer, dessen Wände im Stande sind, einen sehr starken Druck auszuhalten. Eine Oeffnung ist durch ein Sicherheitsventil geschlossen, welches man so stark belasten kann, daß ein Druck von vierzig bis fünfzig Atmosphären

nöthig ist, um es zu heben. Das Kochen ist unmöglich, weil der Dampf, welcher sich über der Flüssigkeit befindet, nicht entweichen kann und deßhalb einen hinlänglich starken Druck ausübt, um es zu verhindern. Sobald man aber das Ventil öffnet, strömt der Dampf mit ungeheurer Stärke hervor, gleichzeitig aber sinkt die Temperatur des Gefäßes, weil es alle die Wärme liefern muß, welche auf einmal bei der heftigen Dampfbildung gebunden wird.

Daher siedet eine Flüssigkeit leichter in dünnerer Luft, d. h. es ist weniger Wärme dazu erforderlich, um den Dunstbläschen die gehörige Expansivkraft zu ertheilen; es kann aber dafür die Flüssigkeit keine so große Hitze annehmen, wie bei gewöhnlichem Luftdrucke. Hieraus ersieht man, warum auf hohen Bergen Wasser leichter siedet, dabei aber weniger heiß wird, als in tieferen Gegenden; so kocht das Wasser auf dem Montblanc, nach Saussure's Beobachtungen, bei 70° R.; unter dem Rezipienten der Luftpumpe hat man das Wasser bei + 30° R., und in der Toricelli'schen Leere bei + 17° R. zum Kochen gebracht. Wie also schon oben bemerkt, machen die verschiedenen Flüssigkeiten bei ihrem Uebergange in elastisch-flüssigen oder Dampf-Zustand verschiedene Mengen von Wärmestoff latent. Immer aber sind diese Mengen sehr bedeutend. Das Wasser z. B. bindet, unter dem Druck von 28 Zoll Barometerhöhe 5,30mal bis 5,50mal so viel davon, als es bedarf, um von 0° auf 100° zu kommen. Leitet man also 1 Pfd. Wasserdampf von 100° in 5,30 bis 5,50 Pfunde tropfbaren Wassers von 0°, so wird das Resultat 6,30 bis 6,50 Pfund Wasser von 100 Grad sein, vorausgesetzt, daß kein Verlust stattfindet.

Die Menge des Dampfes, welche durch Kochen erzeugt wird, hängt von der Wärme ab, welche in einer gegebenen

Zeit in die Flüssigkeit übergehen kann, und diese Wärmemenge hängt ab 1) von der Wirksamkeit des Heerdes, 2) von der Natur und der Dicke der Kesselwände, und 3) von der Größe der Oberfläche der Flüssigkeit, welche der Wirkung des Feuers ausgesetzt ist.

1) Die Wirksamkeit der Feuerstelle hängt von der Einrichtung des Ofens und der Natur des Brennstoffes ab; denn verschiedene Brennstoffe, wie Holz, Kohlen, Torf u. s. f. geben bei gleichem Gewichte nicht gleiche Mengen Wärme, und auch nicht mit allen läßt sich dieselbe Temperatur hervorbringen.

2) Die äußere Oberfläche des Kessels kann mehr oder weniger geeignet sein, Wärme aufzunehmen, und ferner werden wir sehen, daß die Natur der Wände und die Dicke derselben einen bedeutenden Einfluß auf die Menge der durchgehenden Wärme ausübt.

3) Das Wasser, welches die erhitzten Kesselwände berührt, ist dasjenige, welches zunächst die Wirkung des Feuers empfängt, und wenn jeder Theil der Wand gleiche Wärmemenge liefert, so ist klar, daß die Menge des Wassers, welches in einer gegebenen Zeit verdampft, der Größe desjenigen Theils der Kesselwand proportional ist, welcher vom Feuer getroffen wird. Dies ist auch durch Versuche bestätigt worden, welche für die Praxis wichtig sind. Es scheint, daß unter den günstigsten Umständen bei einem möglichst lebhaften Feuer jedes Quadratmeter der erhitzten Oberfläche 2 — 3 Kilogramme Wasser in der Minute verdampft. Es ist dies wenigstens der Fall bei den Locomotiven auf Eisenbahnen, welche mit einem Druck von 4—5 Atmosphären arbeiten. Zur Heizung der Kessel feststehender Niederdruckmaschinen sind die Einrichtungen so getroffen, daß möglichst an Brennmaterial gespart

wird, und bei dieser erhält man in der Regel nur $^2/_3$ Kilogr. Dampf in der Minute von jedem Quadratmeter der erhitzten Fläche, wenn man auch diejenigen Theile des Kessels eben so gut als Feuerfläche betrachtet, welche nur der Wirkung des Rauches ausgesetzt sind, als diejenigen, welche die direkte Wirkung der Flamme empfangen. Nach den Beobachtungen von Gay-Lüssac liefert 1 Quadratfuß Wasser bei 100° Hitze 1696,4 Kubikfuß Wasserdampf. Die schon bei jeder Temperatur allmählich stattfindende Verwandlung fester und besonders flüssiger Körper in Luftgestalt, nennt man Verdunstung, zum Unterschiede der Verdampfung, als einer solchen durch höhere Wärmegrade schnell bewirkten Verwandlung. Das Wasser verdampft an der Oberfläche der Flüsse, Seeen und Meere; es verdampft an der Oberfläche des feuchten Bodens, an den Pflanzen rc. Die den verdunstenden Körper umgebende Luft kann nur eine bestimmente Menge Dunst aufnehmen; hat sie den Sättigungspunkt erreicht, so hört die Verdunstung auf. Die Verdunstung der Flüssigkeiten findet nur an ihren Oberflächen Statt; sie wird vorzüglich befördert durch Vergrößerung der Oberfläche und durch Luftzug, und natürlich durch das Gegentheil vermindert.

Verbrennungsprozeß.

Wir verstehen unter Verbrennung eine Erscheinung, bei welcher sich der Sauerstoff der Luft mit irgend einem Körper verbindet. Da alle einfachen Körper (mit Ausnahme des Fluor) sich mit dem Sauerstoff zu verbinden vermögen, so folgt, daß alle die Verbrennung hervorbringen können, oder, daß alle verbrennlich sind. Die Verbrennnng hat immer Entbindung von Wärmestoff und sehr häufig auch von Licht als Begleiter, niemals aber Lichtentbindung ohne gleichzeitige Wärmeentbindung. So entbindet sich bei der Vereinigung von Sauerstoff mit Phosphor

oder mit Schwefel Wärme und Licht zugleich. Die Verbindung des Sauerstoffs mit anderen Stoffen geschieht oft bei jeder, auch bei einer niedern Temperatur; so verbrennt z. B. Phosphorwasserstoffgas, (selbst noch bei — 38°) Pyrophore und so weiter bei gewöhnlicher Temperatur. Die meisten Körper müssen jedoch erst auf einen bestimmten Temperaturgrad erwärmt werden, ehe sie verbrennen, z. B. Schwefel, Phosphor, Kohle. Brennen sie einmal, so entwickeln sie meistentheils durch ihr Verbrennen so viel Wärme, als nöthig ist, um sie auf dem zum Verbrennen erforderlichen Temperaturgrad erhitzt zu erhalten; die Kohle oder der Kohlenstoff macht jedoch hievon eine Ausnahme. Eine brennende Kohle verlischt von selbst an der Luft liegend, weil die durch ihr Verbrennen entwickelte Wärmemenge bei dem sehr starken Ausstrahlen von Wärme nicht hinreicht, sie selbst genugsam zu erhitzen, so daß sie fortbrennen könnte. Legt man aber mehrere brennende Kohlen zusammen auf einen Haufen, so werden sie nicht verlöschen, weil die Wärme, welche jede einzelne entwickelt, nun besser zusammengehalten wird, sich summirt. Man löscht daher brennende Kohlen aus, wenn man dieselben auseinanderbreitet, was beim Löschen von Feuersbrünsten geschieht. Selbst der Diamant brennt nur so lange in der atmosphärischen Luft fort, als er im Focus eines Brennspiegels gehörig erhitzt wird, bringt man ihn nach dem Anzünden aus dem Focus, so verlischt er, nur in reinem Sauerstoffgas verbrennt er angezündet ohne weiteres Erhitzen fort. —

Den zu den Verbrennungen nöthigen Sauerstoff liefert die Atmosphäre. Jede Verbrennung geschieht deßhalb direct in der atmosphärischen Luft, oder diese wird mittelst Gebläsen zum Heerde der Verbrennung geführt. Die Theilnahme derselben an der Verbrennung gibt sich dadurch genugsam zu erkennen,

daß man ein Feuer schwächen oder ganz dämpfen kann, wenn man den Zutritt der Luft mäßigt oder ganz verhindert. Daß aber der Sauerstoff derjenige Bestandtheil der atmosphärischen Luft ist, welcher das Brennen unterhält oder sich mit dem brennbaren Körper verbindet, zeigt am besten der freie Sauerstoff. Werden in ein mit Sauerstoffgas gefülltes Gefäß Körper gebracht, die in der atmosphärischen Luft nur glimmen, so brennen sie augenblicklich mit heller Flamme. Glühendes Eisen oder Stahl verbrennt darin mit lebhafter Licht- und so intensiver Wärmeentwicklung, daß der abgeschmolzene Tropfen, wo er auf Glas fällt, dasselbe schmilzt. Phosphor, Schwefel, Kampfer in geringer Menge darin verbrannt, giebt ein Licht, daß es kaum das Auge zu ertragen vermag.

Aus dem Vorhergehenden geht offenbar hervor, daß das Produkt der Verbrennung um das ganze absorbirte Gewicht Sauerstoffgas schwerer seyn muß, als der verbrannte Körper.

Das sich bei der Verbrennung einstellende Feuer erscheint entweder als ein Glühen, wenn der verbrennende Körper vor dem Verbrennen nicht in elastisch-flüssigen Zustand übergeht; oder als eine Flamme, wenn er sich zuvor in Dampf oder Gas verwandelt. Im ersten Falle tritt die Wärme, welche sich da entwickelt, wo das Sauerstoffgas den festen oder tropfbaren Körper, wie Kohle oder Eisen berührt, in diesen über und erhitzt ihn zum Glühen. — Je nach dem Grade der Glühhitze zeigt das ausstrahlende Licht eine verschiedene Farbe.

Stufen der Glühhitze nach Pouillet.

Anfangen des Glühens	525° C.
Dunkelrothes Glühen	700° C.
Anfangen des Kirschroth-Glühens	800° C.

Stärkeres Glühen	900° C.
Völliges „	1000° C.
Dunkelgelbrothes „	1100° C.
Helles Glühen	1200° C.
Weißes Glühen	1300° C.
Starkes Weißglühen	1400° C.
Blendendes „	1600° C.

Hat der brennende Stoff elastische Form, sey es nun ursprünglich, oder wegen der zum Verbrennen nöthigen Erhitzung, so entwickelt sich das Feuer an der Grenze zwischen Sauerstoffgas und brennbarem Gas und häuft sich in der neuen Verbindung, so wie in den zunächst befindlichen Theilen des noch unverbundenen Sauerstoffgases und brennbaren Gases an, und das Glühen dieser elastischen Flüssigkeiten stellt sich als Flamme dar.

Die Helligkeit oder Leuchtkraft der Flamme hängt nicht blos von ihrem Hitzgrad ab, sondern zugleich davon, ob sie feste Theilchen enthält, welche das Licht ausstrahlen. Eine Flamme, die keine solche Theilchen enthält, leuchtet schwach, auch wenn sie einen der höchsten Hitzgrade behitzt; so findet z. B. bei der Verbrennung des reinen Wasserstoffgases oder des Schwefels eine wenigglänzende Flamme Statt, weil das Produkt der Verbrennung des Wasserstoffgases Wasserdämpfe sind, und das des Schwefels gasförmige schweflige Säure. Bei den Flammen aber, welche feste Theilchen halten, nimmt die Leuchtkraft mit dem Hitzgrade, durch welchen die Theilchen weißglühend werden, zu. Die in der Flamme befindlichen festen Theilchen entstehen theils aus der Verbindung des brennbaren Stoffes mit dem Sauerstoff, z. B. Phosphorsäure, arsenigte Säure oder Zinkoxyd beim Verbrennen von Phosphor, Arsenik oder Zink; theils bestehen sie aus Kohlenstoff, der aus einer ver-

gasten organischen Kohlenwasserstoffverbindung durch die Hitze der verbrennenden Umgebung im Innern als Ruß ausgeschieden wird. Eine matte Flamme wird leuchtender, wenn man einen fein zertheilten festen Körper hineinbringt. Man kann die Temperatur einer Flamme auch vermindern, wenn man einen hinlänglich großen, und die Wärme gut leitenden, festen Körper, wie z. B. ein Stück Metall, hineinhält. Die Flamme nimmt sogleich eine röthliche Farbe an, und es entwickelt sich ein Theil des brennbaren Gases, ohne verbrannt worden zu sein. Man sieht dies leicht, wenn man in die Flamme eines Lichts ein Stückchen Eisen, oder anderes Metall hält.

Die Flamme ist um so größer, je mehr Sauerstoffgas das aufsteigende brennbare Gas bei gleichem Volum zu seiner Verbrennung nöthig hat, und mit jemehr fremdartigen Gasen das umgebende Sauerstoffgas gemengt oder verbunden ist; denn in diesem Falle muß das brennbare Gas dem Sauerstoffgase einen größeren Umfang, mehr Berührungspunkte darbieten, wenn dieses in dem Verhältnisse, in dem es zuströmt, verbrennen soll.

Die Farbe der Flamme hängt theils von ihrer Temperatur, theils von der Natur der darin befindlichen Stoffe ab. Bei mäßiger Hitze und unvollkommenem Luftzug verbrennen die meisten Brennmaterialien nur mit gelblicher oder bläulicher Flamme, z. B. an der Basis der Kerzen- oder Gas-Lichtflammen, welche aber um so mehr weiß und hellleuchtend wird, je vollständiger das Verbrennen und je größer die Wärmeentwicklung dabei ist. Nach Rumford ist übrigens die Lichtmenge, welche Körper beim Verbrennen entbinden, keineswegs der Menge des verzehrten Brennmaterials proportional, wohl aber die entwickelte Wärme; es nimmt aber die Lichtmenge mit steigender Temperatur zu.

Die bei jeder Verbrennung sich entwickelnde Wärme ist um so bedeutender, je schneller die atmosphärische Luft zuströmt. Es leuchtet ein, daß durch Beschleunigung der Zuführung von atmosphärischer Luft zum Feuer den Brennstoffen in kurzer Zeit viel Sauerstoff dargeboten wird, und mithin ihre Verbindung mit demselben geschwinder von statten gehen muß. Dadurch nun, daß die Verbindung durchgängig mehr mit einem Male geschieht, wird auch alle Hitze, die sich außerdem nach und nach entbunden hätte, mit einem Male frei, und ist daher sehr intensiv. Ein schnelles Hinzuströmen frischer Luft wird theils durch die verschiedenartigen Gebläse erreicht, theils dadurch, daß man die bei der Verbrennung erzeugten Gasarten so schnell als möglich vom Orte der Verbrennung fortleitet. Die brennbaren Bestandtheile der Körper sind Kohlenstoff und Wasserstoff. Diese geben, wenn sie sich mit Sauerstoff verbinden (verbrennen), Kohlensäure und Wasserdampf als Produkte (Verbrennungsprodukte). Indem nun diese Gase entweichen (als Rauch), bilden sie zum Theil die heiße Luftsäule über dem Orte der Verbrennung und begünstigen dadurch das Herzuströmen frischer atmosphärischer Luft zum Feuer, da die heiße Luft ausgedehnt, mithin dünner und specifisch leichter ist, also in die Höhe steigt, während die kältere dichtere Luft, vermöge ihrer Schwere, den verdünnten Raum immer auszufüllen sucht. Hierauf, nämlich auf die Erhaltung einer heißen, verdünnten Luftsäule, gründet sich die Anlegung von Schornsteinen, überhaupt jedes sogenannten „Zugs" eines Feuerungsapparates, worauf wir weiter unten zurückkommen werden. Mit mehr als natürlicher dichter Luft wird dem Feuer ebenso wie durch beschleunigte Zuführung mehr Sauerstoff dargeboten, und die Verbrennung geschieht mit mehr Energie. Die atmosphärische Luft wird zu diesem Zwecke gewöhnlich durch Gebläse

gesammelt und dem Feuer mit Gewalt durch einen kleinen Raum zugeführt, also zusammengepreßt. Mit Hülfe der Gebläse werden die hohen Hitzgrade hervorgebracht, die zur Schmelzung und Reducirung der Metalle erforderlich sind; die größten Hitzen hat man aber bis jetzt erzeugt, indem man einen Strahl reinen Sauerstoffgas mit einem Strahle des brennbaren Wasserstoffes zusammenleitete und dann entzündete. Körper, welche sonst nicht geschmolzen werden konnten, schmelzen in diesem sogenannten Hydro-Oxygengasgebläse fast augenblicklich.

Da die Verbrennung nur ein Verbindungsakt der brennbaren Körper mit Sauerstoff ist, so geht folglich die Verbrennung auf den äußeren, unmittelbar von der zuströmenden Luft berührten Flächen zuerst vor sich. Je mehr also äußere Fläche vorhanden ist, desto schneller erfolgt das Verbrennen, und desto mehr entwickelt sich analog dem Vorigen Wärme. Bezweckt man daher schnell und viel Wärme, so zerkleinere man das Brennmaterial genugsam.

In der Ausübung wird der fragliche Prozeß nun von zwei zu trennenden Gesichtspunkten ausgebeutet. Entweder nämlich wird die Verbrennung bewerkstelligt, um Wärme, dies ist der Fall der Heizung, oder um Licht zu erzeugen, im Fall der sogenannten Beleuchtung. Die Natur des chemischen Prozesses und der betreffenden Stoffe, so wie in den meisten Fällen die praktische Anforderung, machen es unmöglich, beide Zwecke mit Vortheil durch denselben Act zu erreichen; Beleuchtung und Heizung bilden deßhalb zu einer und derselben Gruppe gehörige, aber doch gesondert auszuübende und ebenso zu betrachtende Zweige des gewerblichen Lebens.

I. Buch.

Heizung.

Die Anwendung der Brennstoffe zu praktischen Zwecken wird die Heizung genannt und hat die Aufgabe, die Wärme aus denselben so vollständig wie möglich in geeigneten Vorrichtungen (Oefen, Feuerungen) zu entwickeln, und mit dem geringsten Verlust ihrer Bestimmung zuzuführen. Diese letztere ist entweder eine rein gewerbliche, insofern die entwickelte Wärme als Beihülfe zur Verwandlung von Rohstoffen in Gegenstände unserer Bedürfnisse dient — alle Fälle des Glühens, Schmelzens, Siedens, Röstens, ꝛc. ꝛc. gehören hieher, — oder eine dem täglichen Leben angehörige, nämlich die Erwärmung der Räume, worin man sich während der kalten Jahreszeit aufhält, die eigentliche Zimmerheizung. Das nähere sehe man unter den Artikeln: Luft-, Wasser- und Dampfheizung ꝛc. ꝛc.

I. Abtheilung.

Brennmaterialien.

Brennmaterialien, Brennstoffe, Heizmittel werden diejenigen brennbaren Körper genannt, welche zur Hervorbringung und Unterhaltung der für die Zwecke der Haushaltung und vieler Gewerbe erforderlichen Wärme und Hitze dienen.

Ein Blick über die ganze Masse Brennstoffe lehrt uns dieselben im Allgemeinen in mehrere Abtheilungen zu theilen, nämlich in natürliche und künstliche Brennstoffe; überall

aber tritt die Pflanzenfaser als Basis der Brennstoffe auf, sey es nun in frischem, oder fossilem, oder künstlichem Zustande.

Die natürlichen, die wir in demselben Zustande, wie sie die Natur gab, verwenden, zerfallen überhaupt wieder 1) in vegetabilische Brennstoffe, d. h. solche, welche aus der Pflanzenwelt gezogen werden, wie die Hölzer; — 2) in fossile oder mineralische Brennstoffe, d. h. solche, welche wir dem Schooße der Erde, gleich anderen mineralischen Stoffen, entnehmen; zu ihnen gehören der Torf, die Braun- und Steinkohlen. —

Die künstlichen sind eine Reihe der aus den vegetabilischen und fossilen durch Kunst erhaltenen Brennstoffe. Zu ihnen gehören die Holzkohlen, die Torfkohlen, sowie Koaks von Braun- und Steinkohlen, das Carbolin, die Briquetten, Lohkuchen u. s. w. Außer diesen aber sind von minder wichtiger Bedeutung eine Anzahl von Brennstoffen (s. außergewöhnliche Brennstoffe), die entweder wegen ihres hohen Preises nur im Kleinen oder wegen ihres seltenen Vorkommens nur an wenigen einzelnen Orten angewendet werden. Hierher gehören: der Weingeist, der Holzgeist und die mehr zur Erleuchtung dienenden Stoffe, wie thierische und vegetabilische Fette, Oele und Wachs, sodann die brennbaren Gase, wie Wasserstoff und Kohlen-Wasserstoffgas, aus welch letzterem viele der natürlichen Quellen von brennbaren Gasen, namentlich die der heiligen Feuer von Bako auf der Halbinsel Abscheron in Indien, bestehen. Auch das Steinöl und der Asphalt sowie bituminöse und kohlenreiche Schiefer und Mergel, getrocknete Seepflanzen, getrockneter Mist, Stroh, Rohr oder Schilf, Haide und das getrocknete Kraut der Kartoffel werden an manchen Orten als Brennmaterial benutzt.

1. Natürliche Brennstoffe.

a) Vegetabilische Brennstoffe.

1. Kapitel.

Holz.

Das Holz ist, insofern es sich stets auf die unmittelbarste Weise der Anwendung darbietet, das wichtigste aller natürlichen, vegetabilischen Brennmaterialien. Wie man die Hölzer im Allgemeinen, je nach ihrer dichten oder weniger dichten Textur oder nach ihrem größeren oder kleineren spezifischen Gewichte, nach der schwerern oder leichtern Entzündbarkeit des Holzes, und der daraus erzeugten Kohlen, in harte und weiche theilt, so nennt man auch nach diesen Kennzeichen das Brennholz hartes oder weiches. Zur ersteren Kategorie gehören nur Laubhölzer, zur zweiten alle Nadelhölzer und mehrere Laubhölzer. Die Benennungen Laub- und Nadelhölzer drücken eine Eintheilung der Hölzer nach der Beschaffenheit der Blätter der Bäume aus, welchen sie angehören. Zu den Nadelhölzern gehören folgende Arten:

Kiefer oder Föhre (Pinus sylvestris).
Fichte oder Tanne (Pinus picea).
Schwarze Kiefer (Pinus austriaca).
Lärchenbaum (Pinus larix).
Weißtanne (Pinus abies.)
Wachholder (Juniperus communis).

Zu den Laubhölzern gehören folgende Arten, als:

Gemeine Akazie (Robinia pseudoacacia).
Ahorn (Acer).
Gemeine Ahorn (Acer pseudoplatanus).
Spitzahorn (Acer platanoides).
Feldahorn (Acer campestris).

Apfelbaum (Pyrus malus).
Birke (Betula).
Weißbirke (Betula alba).
Ruchbirke (Betula odorata).
Birnbaum (Pyrus communis).
Bohnenbaum (Cytisus laburnum).
Buche (Fagus).
a) Rothbuche (Fagus sylvatica).
b) Weißbuche (Carpinus betulus).
Eberesche (Sorbus).
a) Gemeine Eberesche (Sorbus aucuparia).
b) Zahme Eberesche (Sorbus domestica).
Eiche (Quercus).
a) Sommereiche (Quercus pedunculata).
b) Wintereiche (Quercus robur).
Erle (Alnus glutinosa).
Gemeine Esche (Fraxinus excelsior).
Haselstrauch (Corylus avellana).
Roßkastanie (Aesculus hippocastanium).
Süßkirschbaum (Prunus avium).
Sauerkirschbaum (Prunus cerasus).
Sommerlinde (Tilia europaea).
Winterlinde (Tilia parvifolia).
Nußbaum (Juglans regia).
Schwarzpappel (Populus nigra).
Zitterpappel (Populus tremula).
Zwetschgenpflaumenbaum (Prunus domestica).
Pflaumenbaum (Prunus insiticia).
Sahlweide (Salix caprea).
Buchweide (Salix fragalis).
Weißweide (Salix alba).

Dotterweide (Salix vitellina).
Braune Weide (Salix rusceliana).
Feldrüster (Ulme) (Ulmus campestris).
Flatterrüster (Ulmus effusa).

Das beste Brennholz liefern Bäume, welche das höchste Wachsthum erreicht und noch keine Rückschritte gemacht haben. Zu junges Holz oder zu altes, das sich schon zu verändern, zu verderben anfängt, hat immer geringern Werth. Außerdem hat auf die Güte des Brennholzes großen Einfluß der Standort, der Feuchtigkeits- und der Zertheilungs-Zustand desselben. Nadelholz ist schlagbar mit 60—80 Jahren, die Lärche schon mit 50 Jahren, Eiche mit 100—200 Jahren; die Buche erfordert einen 100—150jährigen Turnus, die Birke und Erle nur einen 30jährigen.

Die vortheilhafteste Jahreszeit zum Fällen des Brennholzes ist ohnstreitig diejenige, in welcher die Lebensthätigkeit gehemmt ist, der vorjährige Saft schon zu Holz geworden und der neue noch flüssig ist und sich noch nicht verdickt hat, d. h. die Zeit zwischen dem Abfalle der Blätter im Herbste und dem Eintritte des neuen Saftes im Frühjahre. In moorigen und bruchigen Gegenden müssen ohne Wahl die Wintermonate zum Einschlag genommen werden; bei Laubholz wählt man die ersten Frühlingsmonate, März, April, auch wohl noch den Mai, wenn der Saft anfängt in das Holz zu schießen und Laub zu treiben. Wahrscheinlich geschieht dies (wenigstens bei Erlen und Birken) vorzüglich deshalb, damit die junge Pflanze besser wieder aus der Wurzel ausschlagen kann, bei den Eichen aber zum Theil deshalb, um die im Mai sich leichter lösende Rinde für die Gerbereien zu gewinnen. Beim Nadelholz nimmt man die Wintermonate Januar, Februar und März, ehe der Saft in die Bäume tritt, um nicht so leicht zum Stocken des Holzes

Anlaß zu geben. Zwar kann in den Sommermonaten auch noch Einschlag stattfinden, indeß trocknet das Holz dann schwerer aus, obgleich die Kohlen aus diesem Holze sehr derb und fester, als die aus dem Winterholze, ausfallen. Die in den Herbstmonaten eingeschlagenen Hölzer sind wegen der verdickten Säfte dem Stocken zu leicht ausgesetzt, weshalb der Einschlag dann nicht füglich stattfinden kann. Die klimatische Beschaffenheit, die Witterung des Jahres, die Beschaffenheit des Bodens und des Holzes, vorzüglich die Lage des Forstes, können den Einschlag in den Sommermonaten oft rathsamer machen, als in den Wintermonaten, indeß ist es eine allgemeine Regel, daß das Holz um so längere Zeit zum Austrocknen nöthig hat, je später im Jahre es geschlagen ist. Als wesentlich vortheilhaft für die spätere Verwendung der Eiche wird angerathen, dieselbe im Stehen zu schälen, den Gipfel mit seinen Aesten und Blätter nicht zu beschädigen, und so den Baum den Sommer hindurch bis in den Spätherbst vegetiren zu lassen. Dadurch soll das Austrocknen und Ausdünsten des saftreichen Holzes von außen und innen gleichzeitig befördert, das Aufreißen verhindert und die Gefahr des Verstockens sehr vermindert werden.

In Beziehung der besten Fällungszeit des Brennholzes sind mehrere ausführliche Tabellen von Hrn. Professor Grabner in den Verhandlungen der k. k. Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien des Jahrganges 1837 bekannt gemacht worden.

Die erste Tabelle enthält die Versuche über die beste Fällungszeit des in verschiedenen Jahreszeiten gefällten 40 bis 50jährigen Rothbuchenholzes, deren Resultate nachstehende übersichtliche Darstellung giebt.

Tabelle

über die beste Fällungszeit des in verschiedenen Jahreszeiten gefällten 40—50jährigen

Rothbuchenholzes.

Fällungszeit.	1 bayer. Kubikfuß wiegt bayer. Pfunde.		Mittl. Brenn-werth d. August-Fällg als Einheit angenom.	Verhalten beim Brennen.	100 Theile Holz geben Asche
	frisch.	trocken.			
21. April 1836.	46,2	30,6	0,993	brennt ruhig, macht viel Rauch	1,6
31. Mai "	51,9	32,8	1,020	brennt lebhaft, raucht sehr stark	2,0
1. Juli "	48,0	32,7	1,081	brennt lebhaft und ruhig	2,4
10. August "	44,9	29,5	1,000	brennt gut, kocht etwas	2,0
23. September "	47,2	30,4	0,999	brennt lebhaft, kocht stark	2,1
10. November "	46,4	31,3	0,984	brennt gut, kocht wenig	2,3
28. Dezember "	47,24	30,7	1,016	brennt gut, kocht stark	1,8
10. Februar "	47,0	32,0	1,017	brennt gut, ohne zu kochen	1,7
16. März "	46,1	33,2	1,036	brennt sehr gut, ohne zu kochen	2,2

Die folgenden Tabellen enthalten nun die Versuche über das Gewicht, die mittlere Brennkraft, das Verhalten und den Aschengehalt von 11 Holzsorten, und zwar sowohl von Stamm- als Astholz, deren Resultate folgende sind:

Das Gewicht des Stammholzes nach verschiedenen Fällungszeiten zeigt nachstehende übersichtliche Darstellung.

Der bayerische Kubikfuß Stammholz wiegt bayerische Pfunde bei der Fällung im

	August,	November,	Februar,	Mai.
Traubeneiche	33,9	33,3	35,7	32,7
Zerreiche	36,2	35,7	35,0	33,2
Rothbuche	34,6	36,0	36,4	33,3
Weißbuche	34,8	38,2	38,8	35,8
Birke	30,2	30,1	31,2	38,6
Aspe	21,1	24,7	26,6	21,9
Lärche	28,7	27,7	27,8	25,4
Weißtanne	25,6	23,6	25,4	24,8
Fichte	25,6	24,2	23,8	23,5
Schwarzföhre	28,0	28,0	28,4	28,9
Weißföhre	22,3	23,8	25,3	22,5

Den Brennwerth der erwähnten Holzarten, den des Rothbuchenholzes zu 1 gesetzt, zeigt nachstehende Darstellung bei der Fällung im

	August,	November,	Februar,	Mai.
Traubeneiche	1,02	1,06	1,03	1,08
Zerreiche	1,23	1,18	1,04	1,08
Rothbuche	1,00	0,94	0,98	0,90
Weißbuche	1,03	0,97	0,93	0,87
Birke	0,85	0,79	0,83	0,73
Aspe	0,63	0,69	0,67	0,63
Lärche	0,89	0,93	0,84	0,79

	August,	November,	Februar,	Mai.
Weißtanne	0,84	0,76	0,81	0,73
Fichte	0,85	0,85	0,75	0,79
Schwarzföhre	0,83	0,76	0,83	0,85
Weißföhre	0,67	0,72	0,73	0,69

Folgende Tabelle enthält die Resultate über die Aschenmenge verschiedener Holzarten. 100 Pfund Holz gaben Pfunde Asche bei der Fällung im

	August,	November,	Februar,	Mai.
Traubeneiche	1,9	2,1	2,2	2,3
Zerreiche	2,5	1,8	1,7	1,5
Rothbuche	1,6	2,0	2,8	2,3
Weißbuche	2,4	2,2	2,1	1,9
Birke	2,3	1,7	2,3	1,0
Aspe	2,1	1,5	—	1,7
Lärche	1,8	1,3	1,8	1,8
Weißtanne	1,7	1,6	2,3	2,2
Fichte	1,5	1,6	1,8	1,0
Schwarzföhre	1,5	2,6	3,2	1,7
Weißföhre	1,6	1,7	1,9	—

Die sogenanten grünen Hölzer oder diejenigen, welche so eben geschlagen sind, enthalten eine ansehnliche Quantität freies Wasser. Und der Werth des Brennholzes wird in der Praxis durch den Gehalt an Wasser bedingt; denn bei frischem (grünen) Holze wird der Brennwerth vermindert; durch die Vermehrung seines Gewichtes durch das einer nicht brennbaren Substanz, des Wassers, sodann durch den Verlust desjenigen Theils der Wärme, der auf Verdampfung dieses mechanisch gebundenen Wassers verwendet wird und durch die in Folge der daher entstehenden Temperatur-Erniedrigung unvollkommener stattfindende Verbrennung, welche der entwei-

chende Rauch zu erkennen giebt, der als reiner Verlust zu betrachten ist.

Um sich einen Begriff davon zu machen, wie sehr viel Hitzkraft für die Verdampfung des Holzwassers verbraucht wird, stelle man sich vor, daß eine Klafter 4schuhiges Buchenscheitholz in gewöhnlichem Zustande (nachdem es $1/2$ Jahr im Klafterstoße gestanden hat) noch mindestens 5 Centner Wasser, oder verdampfbare Feuchtigkeit enthält, welche eine Masse von nicht weniger als 300 preußische Quart ausmacht. Was gehört nicht für eine Hitzkraft dazu, um eine solche Wassermenge in Dampf zu verflüchtigen, und diese ist für die Benützung rein verloren. Es ist daher höchst wesentlich, daß das Holz vor dem Verbrennen möglichst ausgetrocknet sey. Gut ist es, wenn dies Austrocknen recht bald nach dem Fällen des Holzes geschieht. Die Säfte, welche frisch gefälltes und namentlich junges Holz enthält, sind nämlich geneigt, in Essiggährung überzugehen, und in Folge dessen eine faulige Verderbniß der Holzmasse herbeizuführen, welche deren Werth als Brennmaterial sehr, ja bis unter die Hälfte vermindern kann. Deshalb ist auch durch Wurmfraß abgestorbenes Holz, in welchem die Säfte schon auf dem Stamm in saure Gährung gerathen sind, so schlecht. Essiggährung erfolgt insbesondere bei Laubholz, welches nicht gespalten, oder entrindet worden, in ganz kurzer Zeit, bei ungespaltenem Nadelholze etwas später; viel länger hält sich gespaltenes Holz aller Gattungen, weil dieses leichter austrocknen kann.

Der Wassergehalt der frisch gefällten Holzarten ist sehr verschieden; im Allgemeinen wird derselbe am höchsten seyn in der Zeit des Safttriebes, und umgekehrt in der Stillstandsperiode der Vegetation am niedrigsten, aus welchem Grunde das Holz immer in dieser Periode geschlagen werden

soll *), wenn nicht Gründe anderer Art, wie sehr häufig, überwiegen.

Wie verschieden der Wassergehalt verschiedener Holzarten ist, zeigen folgende von Schübler und Harting gefundene Zahlen:

100 Gewichtstheile frisch gefälltes Holz von

Hainbuche (Carp. betul.) enthalten Wasser	18,6
Sahlweide (Sal. caprea.)	26,0
Ahorn (Ac. pseudoplat.)	27,0
Vogelbeere (Sorb. aucupar.)	28,3
Esche (Fraxin. excelsior.)	28,7
Birke (Betula alba.)	30,0
Mehlbeere (Crataeg. torminat.)	32,3
Traubeneiche (Querc. robur.)	34,7
Stieleiche (Querc. pedunculata.)	35,4
Weißtanne (Pin. abies dur.)	37,1
Roßkastanie (Aescul. hippocast.)	38,2
Kiefer (P. silvestr. L.)	39,7
Rothbuche (Fagus silvat.)	39,7
Erle (Betul. alnus.)	41,6
Espe (Popul. tremula.)	43,7
Ulme (Ulmus campestr.)	44,5
Rothtanne (P. picea.)	45,2
Linde (Tilia europaea.)	47,1
Ital. Pappel (Pop. dilatat.)	48,2
Lärche (Pinus larix.)	48,6
Baumweide (Pop. alba.)	50,6
Schwarzpappel (Pop. nigra.)	51,8

*) Das Holz der Weißtanne gab im Januar 53, im April 61, das der Esche im Jan. 29, im April 39 Wasser.

Bei frischgeschlagenen Hölzern ist also $^1/_5$ bis $^1/_2$ und bei den gebräuchlichsten Brennhölzern über $^1/_3$ des Gewichtes bloßes Wasser, eine Quantität, welche sich übrigens durch das bloße Aufbewahren in der Luft, Schutz vor Nässe vorausgesetzt, beträchtlich vermindert, ohne jemals vollkommen zu verschwinden. Die Neigung der Luft, Wasserdampf in sich aufzunehmen, die das Trocknen des Holzes bewirkt, kommt nämlich allmählich mit der hygroskopischen Beschaffenheit des Holzes, welche im Gegentheil dasselbe zur Aufnahme von Feuchtigkeit befähigt, in ein gewisses Gleichgewicht, von wo aus kein weiteres Trocknen stattfindet, und die Quantität des noch rückständigen Wassers in ziemlich engen Grenzen unveränderlich bleibt. Beim Austrocknen des geschlagenen und gescheiteten Holzes enthält dasselbe nach Jahresfrist noch 20—25 Prozent Wasser, welches unter den günstigsten Umständen nicht unter 12—10 *) Prozent wird. Als Mittel aus vielen Versuchen wird angenommen, daß ein Pfund durch künstliche Wärme ausgetrockneten Holzes 35 Pfund Wasser, und daß ein Pfund des gewöhnlichen 20—25 Prozent Wasser haltenden Holzes 26 Pfund Wasser von 0° bis 100° zu erhitzen vermag. Ein Gewichtstheil feuchten Holzes ist demnach als Brennmaterial $\frac{8}{28}$ $(=\frac{2}{7})$ weniger werth, als gleiches Gewicht des getrockneten Holzes. — Es gelingt nur mit Hülfe der Wärme, den Rest der Feuchtigkeit auszutreiben, aber dieß ist selbst dann noch so schwierig, daß der Punkt, wo der

*) Hölzer von geringem specifischen Gewicht enthalten das meiste Wasser. Jedoch scheinen alle Holzarten, wenn sie bei 100° getrocknet und nachher der Luft ausgesetzt waren, dieselbe Menge Wasser (bis 10 Prozent, je nachdem die Jahreszeit ist) zu absorbiren.

letzte Antheil Wasser weggeht, zusammenfällt mit dem der anfangenden Zersetzung des Holzes; es beginnt alsdann bereits sich zu bräunen.

Als Rumford die nachstehenden vollkommen lufttrocknen Holzarten so lange bei 136° C. trocknete, als noch Gewichtsverlust ohne eintretende chemische Aenderung Statt fand, so verloren 100 Gewichtstheile

Eichenholz	16,04 %	Tannenholz	17,53 %
Ulmenholz	18,20 ,,	Birkenholz	19,38 ,,
Buchenholz	18,56 ,,	Lindenholz	18,79 ,,
Ahornholz	18,63 ,,	Pappelholz	19,55 ,,

Man hat also im Centner lufttrocknen Holzes eigentlich nur 80 Pfund wahren Brennstoff.

Ist das Holz gefällt und aufgeklaftert, so sollte ihm jedenfalls eine Stelle verschafft werden, wo es der kräftigsten Einwirkung der Sommerwärme und des Luftzugs ausgesetzt werden kann. Daß sich der geschlossene Wald hiezu nicht eignet, ist klar. Es sollte daher aus dem Walde geschafft und an eine Stelle von den bezeichneten Eigenschaften aufgeklaftert werden. Zu gewissen Zwecken, wo eine rasche starke Hitze erfordert wird, z. B. in Glashütten, Blaufarbwerken u. s. w. ist es zweckmäßig, das Holz vor der Anwendung mittelst künstlicher Wärme zu dörren, (vollständig auszutrocknen), wozu zweckmäßige Oefen von Hoffmann (J. k. k. polytechn. Inst. XI. 88.) und Kirn (Erdm. J. XX. 424.) empfohlen worden sind. Kirn hat über die vortheilhaftesten Verhältnisse dieses Dörrens folgende praktisch-nützliche Resultate gefunden: 1) Nadelholz in Scheiten, welches im Frühjahr gefällt, sogleich nach dem Fällen der Sonne und trocknen Luft möglichst ausgesetzt, binnen längstens einem Jahr (vom Fällen an) klein gespalten, dann, wenn es möglich ist, unter Dach, oder doch wenigstens auf

einem, der Sonnenwärme und dem Luftzuge ausgesetzten Platze aufgeklaftert und so die Sommermonate hindurch stehen geblieben, also 1½ Jahr alt geworden ist, läßt sich in der kürzesten Zeit und mit dem mindesten Brennmaterialien-Aufwand dörren. 2) Der Zeit- und Brennmaterialien-Aufwand ist bei dem geflößten Holze stets geringer, als bei dem nichtgeflößten. 3) Gutbehandeltes buchenes Scheitholz erfordert ¼ Brennmaterial mehr zum Dörren, als ebenso behandeltes tannenes Scheitholz. 4) Es ist nachtheilig, besonders bei Holz von geringerem Durchmesser und Laubholz, Brennholz in runden Stücken ungespalten liegen zu lassen. Der Brennmaterialien-Aufwand, welcher zur Entfernung des Wassers nöthig ist, kann durch diesen nachtheiligen Umstand mehr als verdoppelt werden, und er bis über ¼ des zu dörrenden Holzes kosten, während er sonst selten über ⅛ steigt. 5) Tannene, buchene und birkene Aeste erfordern zum Dörren gleichviel Zeit und Brennmaterial, das tannene Astholz ¼ des letztern mehr, als das tannene Scheitholz. 6) Tannenes Scheitholz, welches in den Wintermonaten gehauen worden, und den Winter über im dunkeln Walde gestanden hatte, erfordert fast ¼ Brennmaterial mehr, als wenn es im Frühjahr gehauen und sogleich aus dem Walde geschafft worden. 7) Starkes Tannenscheitholz, welches längere Zeit ungespalten stand, und dann vom Spalten weg in die Dörröfen gebracht ward, erforderte auch ungefähr ¼ mehr Brennmaterial zum Dörren, als richtig behandeltes Holz. 8) Alles gedörrte Scheitholz heizt um ⅓ bis ½ mehr, als ungedörrtes, und dies Mehr vergütet den Aufwand an Brennmaterial und Arbeitslohn immer reichlich, mindestens doppelt. —

Zerkleinerung des Brennholzes. — Nicht nur durch Austrocknung, sondern auch durch Zerkleinerung des Holzes wird

eine vollständige Verbrennung desselben sehr begünstigt, da hierdurch die Oberfläche, welche es dem Zutritt der Luft (des Sauerstoffs) darbietet, vermehrt und bewirkt wird, daß die brennbaren Gase und Dämpfe, die sich aus dem Innern entwickeln, bei ihrem Hervortreten an die Oberfläche mit weit mehr glühenden Theilen in Berührung kommen, als bei dicken Stücken und sich sogleich und vollständig zur Flamme entzünden. Daher brennen Späne mit viel lebhafterer Flamme und lassen weniger Kohle zurück, als dicke Stücke, und größere Holzstücke liefern um so mehr Kohle, je dicker sie sind. Um daher ein lebhaftes Feuer zu erhalten, ist es nicht nur sehr nützlich, das Holz vorher künstlich auszutrocknen, sondern es auch gehörig zu zerkleinern, und zwar um so mehr, je kleiner der Herd und die Flamme ist, die darin erzielt werden soll. Soll dagegen das Feuer nicht sowohl lebhaft und heftig, als gemäßigt und anhaltend unterhalten werden, so eignen sich größere Stücke trocknen Holzes besser dazu, weil der bedeutende Kohlenrückstand, den sie hinterlassen, den Feuerherd ausfüllt und eine gleichförmige mäßigere Hitze unterhält, was z. B. für große Sud- und Abdampfkessel zweckmäßig ist. —

Da das Brennholz hauptsächlich durch den Fuhrlohn und das Kleinmachen vertheuert wird, so war man bedacht letzteres durch Maschinen verrichten zu können. Die Kosten für das Kleinhauen können immer auf $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ des Preises angeschlagen werden, und weil sie so bedeutend sind, entsteht der weitere Nachtheil, daß man zu große Stücke verbrennt, und dadurch mehr Holz verbraucht, als bei kleineren Stücken nöthig wäre. Man fing daher an einigen Orten an, Maschinen zum Spalten und Hauen anzuwenden, auf die ich hier aufmerksam machen will, da sie leider noch zu wenig bekannt

sind. Die älteste und wohl bis jetzt noch einzige Holzhauanstalt ist wohl die in Wien. Sie besteht schon seit 1822, wird durch eine Dampfmaschine betrieben und hat zwei verschiedene Vorrichtungen: eine Schneid- und Spaltmaschine. Erstere wirkt mittelst großer Kreissägen und schneidet jedes Stück in drei gleich lange Theile. Das Holz liegt scheitweise zwischen den Zähnen oder Armen zweier großer sternförmiger Räder, welche durch eine Schraube ohne Ende umgedreht werden, und so das Holz gegen die Sägen drücken. Unter den letzteren fallen die geschnittenen Stücke heraus und auf eine Bahre von Leinwand, die an ihren Enden zusammengenäht, über Walzen gelegt ist. So empfängt die Spaltmaschine das Holz, welche jedes Stück desselben in vier Theile spaltet. Dazu dient ein schwerer eiserner Klotz, der von der Maschine gehoben wird und auf das Holz fällt. Letzteres wird von einer Person auf die Spaltklingen (Eisenstücke mit zwei sich durchkreuzenden Schneiden) gestellt, und durch den Schlag des Klotzes getrennt. H. Weatherley, pat. 1827 in England, hat zum Hauen und Zusammenbinden der Späne des Brennholzes eine Maschine erfunden. Das Zerschneiden geschieht durch eine mittelst eines endlosen Riemens von einer Dampfmaschine umgedrehte Kreissäge, und eine eigene Vorrichtung bewirkt, daß alle Stücke von gleicher Größe ausfallen. Die Stücke werden aufrecht auf ein an seinen Enden vereinigtes, über zwei Walzen gelegtes, und durch deren Umdrehung langsam fortrückendes Band gestellt und gehen sammt demselben einem wagrechten Behältniß entgegen, worin das Spalten geschieht. Hiezu dienen schneidende Klingen oder Messer, die kreuzweise am untern Ende einer senkrechten Stange angebracht sind, und sammt dieser durch Arme, welche an einer Welle sitzen, emporgehoben werden, sodann aber mit großer

Gewalt wieder herabfallen. Das Behältniß, in welches die durch das Schneiden erhaltenen Holzstücke zum Spalten gelangen, ist oben und unten verschlossen; sein innerer Raum hat gerade eine solche Höhe, daß die Stücke darin stehen können, und im obern Boden befinden sich Einschnitte zum Durchgange der Messer, so hauen oder spalten letztere durch ihr wiederholtes Herabfallen (wobei zugleich die alten Holzstücke von den später nachkommenden fortgeschoben werden) Späne ab, und diese werden am hintern Ende des Behältnisses, wo sie herausfallen, gesammelt.

Die Holzspaltvorrichtung von Lesourd in Clichi la Garenne, besteht in einem Winkel von Eisen, der mit dem Kopf durch eine gußeiserne Platte befestigt ist, und einem Kranz von Eisen, der über dem Winkel von einer senkrechten Eisenstange gehalten wird, welche auf einer Seite des Winkels und auf der Platte befestigt ist. Damit der Apparat tragbar wird, ist der Winkel nicht ganz von Eisen, sondern hat nur an den Seiten eiserne Platten, deren Zusammenfügung, welche einen Winkel von 22½ Grad darstellt, eine Schneide bildet. Zwischen die Platten stellt man das Holz und schlägt mit einem Hammer darauf. Die Boden-Platte wird auf mit Haaren gefüllte, lederne Kissen gestellt. Sie bezwecken, daß man kleine Scheite in der Küche ohne Erschütterung und Lärm spalten kann.

Das specifische Gewicht der Holzarten ist außerordentlich verschieden, weshalb für gleiche Raumtheile der aus der chemischen Zusammensetzung einer Holzart hervorgehende Brennwerth außerordentlich geändert wird, indem es klar ist, daß die dichteren Holzarten in gleichem Raume mehr brennbare Stoffe enthalten, als die minder dichten.

Das specifische Gewicht des künstlich luftfrei gemachten Holzes ist 1,46 bis 1,53. Im gewöhnlichen Zustande schließt

das Holz bei seiner großen Porosität eine beträchtliche Menge von Luft ein und hat daher ein geringeres specifisches Gewicht, als das Wasser. Deshalb sinkt auch Holz im Wasser, wenn dasselbe die Luft verdrängt hat, unter. Es beträgt 0,387 bei dem leichtesten Holze, dem Pappelholze, und 0,872 bei dem Pflaumen-, und 0,942 bei dem Buchsbaumholze, dem schwersten der inländischen Holzarten. Einige amerikanische Hölzer sind schwerer als Wasser, wie Guajakholz, das 1,342 und Ebenholz, das 1,226 wiegt.

Tabelle

über das specifische Gewicht verschiedener Holzarten im frischen und lufttrocknen Zustande, zusammengestellt aus den Versuchen von Harting (I. II.), von Werneck (III.), von Winkler (IV.), von Muschenbrock (V.), und Karmarsch (VI.).

Namen der Hölzer.	I. Frisch gefällt.	II. Lufttrocken.	III. Stark getrocknet	IV. Stark getrocknet	V.	VI.
Quercus robur, Steineiche	1,0754	0,7075	0,6441	0,663	0,929	} 0,650
Quercus pedunculata, Stieleiche	1,0494	0,6777	—	0,663	—	
Salix alba, Baumweide	0,9859	0,4873	0,4464	0,457	0,585	—
Fagus silvatica, Buche	0,9822	0,5907	0,5422	0,560	0,852	0,752
Ulmus campestris, Ulme	0,9476	0,5474	0,5788	0,518	0,600	0,508
Carpinus betulus, Hainbuche	0,9452	0,7695	—	0,691	—	0,728
Pinus larix, Lärche	0,9205	0,4435	—	0,441	—	0,505
Pinus silvestris, Kiefer	0,9121	0,5502	0,4205	0,485	—	—
Acer pseudoplatanus, Ahorn	0,9036	0,6592	0,5779	0,618	0,755	0,645

Fraxinus excelsior, Esche	0,9036	0,6440	0,6137	0,619	0,734	0,670
Betula alba, Birke	0,9012	0,6274	0,5699	0,598	—	0,738
Sorbus aucuparia, Vogelbeere	0,8993	0,6440	—	0,552	—	—
Pinus abies, Tanne	0,8941	0,5550	0,4303	0,493	0,550	0,481
Pinus picea, Fichte	0,8699	0,4716	0,3838	0,434	—	0,763
Crataeg. torminalis, Mehlbeere	0,8633	0,5910	—	0,549	0,874	—
Aesculus hippocastan., Kastanie	0,8614	0,5749	—	—	—	0,551
Betula alnus, Erle	0,8571	0,5001	—	0,433	0,800	0,538
Tilia europaea, Linde	0,8170	0,4390	0,3480	0,431	0,604	0,559
Populus nigra, Schwarzpappel	0,7795	0,3656	—	0,346	—	—
Populus tremula, Espe	0,7654	0,4302	—	0,418	—	—
Pop. italica, italienische Pappel	0,7634	0,3931	0,4462	—	—	—
Salix caprea, Sahlweide	0,7155	0,5289	—	0,501	—	—
Guajakholz	—	1,3420	—	—	—	—
Ebenus, Ebenbaum	—	1,2260	—	—	—	—

Die Dichte des Holzes modificirt dessen Verbrennung auf besondere Weise dadurch, daß bei leichtern Holzarten die größeren Zwischenräume der Holzfaser einen leichteren Luftzutritt gestatten, woher eine vollkommenere Verbrennung stattfinden kann, indem das Holz durch den Verbrennungsprozeß fast vollständig in brennbare Gase (Kohlen-Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas) verwandelt wird, so daß die leichten Holzarten mit ausgezeichnet starker Flamme und Hinterlassung von sehr wenig Kohle verzehrt werden. Umgekehrt verhalten sich die dichten Holzarten; sie verbrennen fast nur an der äußern Oberfläche, und die Flamme, die sie bilden, wird hauptsächlich von dem aus dem innern Kerne gleichsam abdestillirten gasförmigen Produkte genährt, bis dieser endlich nur noch aus reiner Kohle besteht und als solche endlich, glühend werdend, eine starke Kohlengluth, mit geringer Flamme, verbreitet. Die Verbreitung der Hitze beim Verbrennen der Brennstoffe geschieht aber auf zweierlei Weise, einmal durch die erwärmt entweichende Luft, und dann durch die Wärmestrahlung, welche von der Flamme und der Kohle ausgeht. Da aber nach den Beobachtungen von Péclet die strahlende Wärme der Flamme $\frac{1}{4}$, dagegen die der glühenden Kohle $\frac{1}{3}$ der ganzen beim Verbrennen entwickelten Wärmemenge beträgt, so ist dies eine weitere Ursache, daß die schweren Holzarten bei gleichem Volumen mehr Wärme entwickeln, als die leichten.

Das absolute Gewicht des trocknen Brennholzes drückt den wahren Werth desselben aus. Man findet es unmittelbar durch Wägung. Es läßt sich aber auch leicht aus dem specifischen Gewichte durch Rechnung finden. Ist nämlich das absolute Gewicht eines Kubikfußes des zur Einheit angenommenen Wassers bekannt, so braucht man nur das specifische Gewicht eines Körpers mit dem absoluten des Kubikfußes

Wassers zu multipliciren und das Produkt ist das gesuchte Gewicht eines gleichen Volumens des Körpers.

Tabelle

über das absolute Gewicht verschiedener Holzarten.

Ein Kubikfuß wiegt	Sächsische Pfunde.
Akazienholz, vom Stamme und trocken	31,80
Ahorn, vom Stamme und trocken	34,05
Apfelbaum, vom Stamme und trocken	35,87
Birke, vom Stamme, frisch	31,79
„ „ „ trocken	28,15
Birnbaum, vom Stamme und trocken	30,07
Rothbuche, vom Stamme und trocken	34,05
Eiche, vom Kerne und trocken	35,87
„ „ Splinte „ „	27,70
„ „ Stamm „ frisch	37,14
„ von der Wurzel und frisch	39,96
„ von den Aesten und frisch	32,69
Erle, vom Stamme und trocken	30,07
„ „ „ „ frisch	36,32
Esche, „ „ „ trocken	37,23
„ von den Aesten und trocken	33,14
Hasel, trocken	27,24
Weißbuche, vom Stamme und trocken	36,32
Kiefer, vom Kerne, frisch und harzig	32,69
„ „ Splinte und frisch	29,06
„ „ Kerne und trocken	28,15
„ „ Splinte und trocken	27,24
Kirschbaum, trocken	34,05
Lärchenbaum, trocken	28,15

Ein Kubikfuß wiegt	Sächsische Pfunde
Linde, vom Stamme und trocken	27,24
Mispel „ „ „ trocken	42,68
Nußbaum, trocken	33,01
Schwarzpappel, vom Stamme und trocken	34,97
Weißpappel, „ „ „ trocken	36,32
Pflaumenbaum, trocken	35,87
Rothtanne, vom Stamme und trocken	22,25
„ „ „ „ frisch	24,52
Steineiche, „ „ „ frisch	49,93
„ „ „ „ trocken	34,05
„ von der Wurzel und frisch	54,49
„ von den Aesten und frisch	37,14
Ulme, vom Stamme und trocken	33,61
Wachholder, trocken	24,97
Weide, vom Stamme und trocken	26,33
Weißtanne, vom Stamme und frisch	20,43
„ „ „ „ trocken	19,07

Im praktischen Leben rechnet man nicht nach soliden Kubikmassen, sondern nach solchen Kubikmassen, bei welchen auch die leeren Räume mitgezählt sind, welche beim Klaftern des Holzes bleiben, und sich, je nach der Art der Schichtung, Größe und Gestalt der Stücke ändern. Bei geradspaltigem, gut geschichteten Scheitholz beträgt der leere Zwischenraum mindestens $\frac{1}{5}$ des ganzen Umfanges, bei einer Klafter Scheitholz von 108 Kubikfuß also $21\frac{3}{5}$ Kubikfuß, so daß eine solche Klafter blos $86\frac{2}{5}$ Kubikfuß solide Holzmasse enthält, was jedoch nicht für gewöhnliche Fälle gilt. Durchschnittlich darf

man bloß 72 Kubikfuß oder $\frac{1}{2}$ annehmen. Im Allgemeinen klaftern sich diejenigen Holzarten am besten, welche die geradesten Scheite liefern, also Fichten-, Tannen- und Buchenholz. Prügelholz hat bei gleichem Umfang nur $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ vom Kubikinhalt des Scheitholzes, und es ist in der Praxis nichts gewonnen, wenn die Prügel nicht rund, sondern aufgespalten in die Klafter gelegt werden.

Nachstehende Tabelle gibt die Gewichte einer Klafter von 6 Fuß ins □ für verschiedene Scheitholzarten in preußischen Centnern an, und zugleich den leeren Zwischenraum, der auf den Soll-Kubikinhalt angenommen ist.

Holzart	Leerer Zwischenraum angeschlagen zu	Durchschnitts-Gewicht einer Klafter von 6 Fuß ins □ incl. Wassergehalt.			Gewicht der Klafter mit $2\frac{1}{2}$ rhein. Fuß langen Scheiten in völlig ausgetrocknetem Zustande.
		4 Fuß = 144 Kubikfuß.	3 Fuß = 108 Kubikfuß.	$2\frac{1}{2}$ Fuß = 80 Kubikfuß.	
		Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.
Buchen	$\frac{1}{4}$	44	33	$27\frac{1}{2}$	$23\frac{3}{4}$
Birken	$\frac{1}{3}$	43	$32\frac{1}{2}$	27	23
Eichen	$\frac{1}{4}$	44	33	$27\frac{1}{2}$	23
Schwarzföhren	$\frac{1}{5}$	36	24	$22\frac{1}{2}$	17
Fichten	$\frac{1}{5}$	35	27	22	$17\frac{3}{4}$
Tannen	$\frac{1}{4}$	$31\frac{3}{4}$	$23\frac{1}{2}$	$19\frac{1}{2}$	$15\frac{3}{4}$
Erlen	$\frac{1}{3}$	32	24	$19\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{4}$
Weiden	$\frac{1}{3}$	24	$19\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{4}$

Das Gewicht gilt für gerade gespaltenes, gutgeschichtetes Holz von ganz gesunder Beschaffenheit, also mit möglichst ge-

ringem Zwischenraum. Daher kann bei gewöhnlicher Beschaffenheit und Schichtung des Holzes für Fichten-, Tannen- und Buchenholz der Zwischenraum reichlich auf $\frac{1}{3}$ und sonach die 3füßige Klafter des weichen (Tannen- und Fichten-) Holzes im Mittel zu 22 Centner, und die 4füßige Klafter zu 29 Centner, von dem Buchenholz aber die 3füßige Klafter zu 29 Centner, und die 4füßige zu 39 Centner höchstens angenommen werden. Durch das Flößen (Schwemmen) wird dem Holze (Treib-Flößholz) ein Verlust seiner in Wasser löslichen brennbaren Theile zugeführt, wodurch dasselbe eine beträchtliche Verminderung seines Brennwerthes erleidet. Das Gewicht einer Klafter geschwemmten weichen Holzes, Flößholzes (aus Fichten und Tannen), von 3 Fuß langen Scheiten mit dem gewöhnlichen Wassergehalt von 28 bis 30 Procent beträgt ungefähr 18 Centner, und jenes von geflößtem Buchenholz höchstens 24 Centner. Ein solches Flößholz enthält bei gleichem Umfange ungefähr 20 Procent weniger Brennstoff, als ungeflößtes. —

Man hat im Holz dreierlei Stoffe zu unterscheiden: zuerst die Holzfaser, eine aus Kohlen- Wasser- und Sauerstoff zusammengesetzte Verbindung, welche die Zellen und Gefäße der Pflanzen constituirend, schon darum die Hauptmasse des Holzes ausmacht; ferner die in den Gefäßen enthaltenen Saftbestandtheile und endlich das Wasser desselben. Nur die beiden ersten sind der Verbrennung und Wärmeerzeugung fähig, nicht so das Wasser, welches sogar, wie schon oben gesagt, beim Brennen des Holzes einen Theil der Wärme zu seiner Verdampfung in Anspruch nimmt und der Benützung entzieht. Da Holzfaser und Wasser allen Holzarten gemeinschaftlich sind, so kann die erfahrungsmäßige Verschiedenheit derselben nur von der Natur der Saftbestandtheile und der Struktur

(Dichte) abhängen. So abweichend auch, chemisch betrachtet, die im Safte enthaltenen Stoffe sind (die Nadelhölzer führen harzige — Buchen, Birken extraktive — Eichen gerbstoffreiche Säfte), so hat doch die genaue Analyse getrockneter Hölzer Quantitäten der drei Bestandtheile zu erkennen gegeben, die von den in der reinen Holzfaser gefundenen, nur um ein Geringes abweichen, d. h. die Saftbestandtheile machen nur einen sehr kleinen Theil der Masse des Holzes aus; doch ist ihre Wirkung in der Praxis noch deutlich wahrnehmbar. —

Die Bestandtheile des Holzes sind: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und eine kleine Menge unverbrennlicher, unorganischer Stoffe, die man in der Asche findet, welche im Durchschnitt nicht mehr als 1—3 Procent betragend von keinem Einfluß auf den Werth des Brennholzes ist. Derselbe ist daher abhängig von den Verhältnissen, in welchen die genannten Bestandtheile darin enthalten sind; denn je mehr brennbare Stoffe dasselbe enthält, je mehr Sauerstoff es folglich zur Verbrennung aus der Atmosphäre aufnehmen muß, desto größer ist sein absoluter Brennwerth.

Die chemische Zusammensetzung der Holzarten läßt sich zum Theil aus den Analysen der reinen Holzfaser von Gay-Lüssac und Thinard erschließen, weil diese bei allen Holzarten einerlei Zusammensetzung hat; und da sie im Durchschnitt 96 Procent, oder die Hauptmasse alles Holzes macht, so wird daraus wahrscheinlich, daß der Brennwerth der verschiedenen Holzarten annähernd gleich ausfällt. Dieß bestätigen auch die Analysen von Petersen und Schödler, welche 24 Holzarten in dem Zustande analysirten, wie sie zum Brennen verwendet werden, folglich mit Einschluß der darin etwa abgelagerten weiteren Stoffe, wie Zucker, Stärke, Harze, Gummi u. s. w.

Die reine Holzfaser ist zusammengesetzt aus 52,65 Kohlenstoff, 5,25 Wasserstoff und 42,10 Sauerstoff.

In der folgenden Tabelle sind nun zusammengestellt: In der ersten Kolumne die Namen der Holzarten, in der zweiten die specifischen Gewichte nach den Bestimmungen von Karmarsch, in der dritten ihr Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in 100 Theilen nach Petersen und Schödler. Die analysirten Holzarten waren zu Ende des Winters geschlagen und nach dem Pulvern bei 100° von allem hygroskopischen Wasser befreit. In der vierten Kolumne ist diejenige Menge von Sauerstoff angegeben, welche die in 100 Theilen einer Holzart enthaltenen Kohlenstoff- und Wasserstoffmengen zum vollständigen Verbrennen der Rechnung nach erfordern, nachdem man den im Holze selbst enthaltenen Sauerstoff, der an der Verbrennung ebenfalls Theil nimmt, abgezogen hat. Diese Kolumne drückt also den absoluten Brennwerth der Holzarten bei gleichem Gewichte aus. Die fünfte Kolumne enthält die absoluten Brennwerthe der Holzarten bei gleichem Volumen, welche berechnet wurden, indem man das specifische Gewicht eines jeden Holzes mit dem in der vierten Kolumne für dasselbe angegebenen Brennwerthe multiplicirte.

I. Namen.	II. Spezifisches Gewicht.	III. 100 Theile enthalten im Mittel aus 2 nahe übereinstimmenden Bestimmungen an			IV. Absoluter Brennwerth für	V.
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	gleiche Gewichte.	gleiche Maaße.
Linde, Tilia europaea	0,559	49,408	6,801	43,731	140,523	78,552
Korkulme, Ulmus suberosa	0.568	50,186	6,425	43,389	139,408	78,982
Weißtanne, Pinus abies	0,481	49,946	6,407	43,647	138,377	65,539
Lärche, Pinus larix	0,565	50,106	6,310	43,584	138,082	77,916
Roßkastanien, Aesculus hippocastanum	0,551	49,077	6,714	44,209	138,002	76,039
Buchsbaum, Buxus sempervirens	0,942	49,368	6,521	44,111	137,313	129,349
Ahorn, Acer campestris	0,654	49,803	6,307	43,890	136.960	89,563
Kiefer, Pinus sylvestris	0,753	49.937	6,250	43,813	136,931	104,475
Fichte, Pinus picea	0,869	49,591	6.384	44,025	136,886	—
Pappel, Populus alba	0,387	49,699	6,312	43,989	136,628	52,874
Birnbaum, Pyrus communis	0,732	49,395	6,351	44,254	135,881	100,195
Wallnuß, Juglans regia	0,660	49,113	6,443	44,444	135,690	89,555

I. Namen.	II. Spezifisches Gewicht.	III. 100 Theile enthalten im Mittel aus 2 nahe übereinstimmenden Bestimmungen an			IV. Absoluter Brennwerth für	V.
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	gleiche Gewichte.	gleiche Maaße.
Erle, Betula alnus	0,538	49,196	6,217	44,587	133,953	72,055
Weide, Salix	0,715	48,839	6,360	44,801	133,951	—
Eiche, Quercus robur	0,650	49,432	6,069	44,449	135,472	86,750
Apfelbaum, Pyrus malus	0,734	48,902	6z,67	44,831	133,340	96,871
Esche, Fraxinus excelsior	0,670	49,356	6,075	44,569	133,251	89,278
Birke, Betula alba	0,738	48,602	6,375	44,023	133,229	98,320
Kirschbaum, Prunus cerasus	—	48,824	6,276	44,900	133,139	—
Akazie, Robinia pseudoacacia	—	48,669	6,272	45,059	132,543	—
Pflaumenbaum, Prunus domestica	0,872	49,311	5,964	44,725	132,088	115,190
Weißbuche, Carpinus betulus	0,728	48,533	6,301	45,166	132,312	96,322
Rothbuche, Fagus sylvatica	0,725	48,184	6,277	45,539	130,834	94,853
Ebenholz, Diospyrus ebenum	1,213	49,838	5,352	44,810	128,478	155,842

Die vierte Abtheilung zeigt, daß bei allen Holzarten der Kohlenstoffgehalt 48—50 Procent beträgt und daß dieselben Sauerstoff und Wasserstoff in dem Atomverhältniß von 1:2 enthalten, so daß das Holz als eine Verbindung von Wasser mit Kohle angesehen werden könnte. Bei mehreren Holzarten ist der Wasserstoff in einem kleinen Ueberschuß vorhanden, am häufigsten beträgt der Ueberschuß desselben $\frac{1}{12}$. Pinus larix (Lärche), Pinus abies (Weißtanne), und Pinus picea (Rothfichte), enthalten $\frac{1}{7}$, Tilia europaea (Sommerlinde) sogar $\frac{1}{5}$ mehr Wasserstoff. Man sieht also hieraus leicht, was auch schon oben bemerkt wurde, daß der Wasserstoffgehalt in einiger Beziehung steht zu dem specifischen Gewichte. Die leichtern Holzarten enthalten mehr davon, als die schwereren.

Der Unterschied in der Zusammensetzung der Holzarten von der der reinen Holzfaser beruht unläugbar auf der Gegenwart von wasserstoffreichen und sauerstoffarmen, zum Theil löslichen Bestandtheilen, von Harz und anderen Stoffen, deren Wassenstoff sich in der Analyse zu dem der Holzfaser addirt. (Liebig.)

Der Aschengehalt des Brennholzes ist im Durchschnitt 1—3 Procent anzunehmen, also sehr gering und deßhalb ohne Einfluß auf den Brennwerth desselben. Die meiste Asche giebt Buchenholz. Kohlensaurer Kalk aber ist ihr überwiegender Bestandtheil; zugleich enthält sie schwefelsaure und phosphorsaure Salze und kohlensaures Kali. Jedoch muß bemerkt werden, daß die aus derselben Holzart erfolgenden Aschenmengen nach der Beschaffenheit des Erdreichs, in welchem sie gewachsen, nach der Lage, dem Alter und selbst nach den verschiedenen Theilen eines Individuums verschieden ist. Im Allgemeinen geben die Hölzer weniger Asche als die Gräser, die Nadelhölzer weniger als die Laubhölzer, das Stammholz

weniger als das Backenholz, dieses weniger als die Blätter und Rinde, das Holz weniger als der Splint.

---

b) Fossile Brennstoffe.

Es war im Jahre 1298, als der berühmte Venetianer Marko Polo nach 24jähriger Abwesenheit aus dem Orient wieder in sein Vaterland zurückkehrte. Dieser außerordentliche Mann, der sogar eine Zeit lang Statthalter in der Provinz Kiang-nan gewesen war, und im Auftrage des Tartar-Khans Kublai die entferntesten Punkte bereiset hatte, gab zuerst von einem chinesischen Stamme nebst vielen andern wunderbar klingenden Nachrichten auch die, daß dieser Stamm statt des Holzes schwarze Steine zu brennen pflege, die man aus der Erde zu graben genöthigt sey. Man staunte und pries den glücklichen Orient, über welchen die reiche Natur alle ihre herrlichsten Schätze in überfließender Fülle ausgegossen, ohne nur im Geringsten zu ahnen, daß die gute Mutter Natur auch uns mit dergleichen Schätzen ziemlich reichlich bedacht habe.

Freilich war bei dem Reichthum an unermeßlichen Wäldern, die sich in jenen fernen Tagen über den größten Theil von Deutschland zu verbreiten pflegten, bei dem geringen Verbrauch an Brennmaterial und Kohlen, bei dem unbedeutenden Bergbaubetriebe und der spärlichen Metall- und Eisenproduktion, die den Markt mit kaum etwas anderm zu versehen hatte, als mit Harnischen, Speeren, Axten, Schwertern und Feuerröhren — freilich da war durchaus keine Anregung vorhanden, nach einem Materiale in den Tiefen der Erde zu wühlen, mit dem uns die Natur in scheinbar unerschöpflicher

Masse auf der Erdoberfläche selbst umpflanzt und umbauet hatte; auch war bei den politischen Wirren der damaligen Zeit, bei der unseligen Zertrümmerung des deutschen Reiches, bei dem Abfalle der meisten italienischen Städte und später der ganzen Schweiz von unserm deutschen Vaterlande der Geist der Völker für ruhiges Beobachten und Betrachten der Natur und ihrer Schätze nichts weniger als glücklich gestimmt; in andern Ländern jedoch fand man trotz der kriegerischen Nationalaufregung und Begeisterung Muße genug, auch neben dem Kriege die Künste des Friedens zu pflegen. Schon unter Eduard dem Dritten, das ist im 14. Jahrhunderte, bauete man in England auf Steinkohlen, und 1305 wurde das hochberühmte Steinkohlen-Bergwerk bei New-kastle am Tyne eröffnet. Diese Steinkohlengruben versehen jetzt noch London und die ganze Süd- und Ostküste von England, von Norden von Schottland angefangen herab bis zu Devonshire mit Steinkohlen, und verschiffen jährlich nahe 60 Millionen Centner dieses Materials. Bei dieser bedeutenden Consumtion wird dieß Kohlenfeld dennoch vor wenigstens einem Jahrtausend nicht zu erschöpfen sein.

Aber schon vor Christi Geburt hatten die Römer nach ihrer Invasion in England die unterirdischen Schätze dieses Landes aufgespürt und einen ziemlich regelmäßigen Bergbau auf Steinkohlen betrieben. Man traf vor einigen Jahren bei Glasgow auf einen aufgegebenen Steinkohlenbau, von dessen Existenz keine Urkunde etwas wußte, und dessen Geräth, das sich unversehrt erhalten hatte in den Tiefen der Erde, einem Völkerstamme angehört haben mußte, der von diesem Theile der Erdoberfläche längst verschwunden war. Dabei ist es vielleicht interessant anzuführen, daß das Gezähn oder die Werkzeuge dieser einer vorchristlichen Aera angehörenden

Bergknappen ganz die Form der jetzt noch in den Steinkohlengruben gebräuchlichen Werkzeuge hatte *).

Die Steinkohle, nun ein auf diese Weise wieder neu aufgefundenes unschätzbares Brennmaterial, fand sehr bald überall da Eingang, wo einfache und von vielen Individuen angestellte Schmiede- und Schmelzversuche alle gegen jede Neuerung immer auftauchenden Vorurtheile, die jedoch immer nur von Einzelnen auszugehen pflegen, bald und leicht vernichten mußten. Anders verhielt es sich dagegen in Bezug auf jene ausgedehnten in sich abgeschlossenen großartigen Fabrikations-Zweige des Guß- und Schmiedeisens, die von dem Treiben und Wesen der kleinern Feuerarbeiter keine Notiz zu nehmen pflegen.

Doch die Wälder Englands fiengen an, gerade wie unsere baierischen, mit jedem Jahre dünner und dünner zu werden, und die Zeit war nahe, in welcher eine bedeutende Anzahl von Eisenhütten genöthigt gewesen sein würde, ihre Operationen für immer einzustellen — aus Mangel an Holzkohlen. Das war um's Jahr 1740. In ganz England existirten damals nur 59 Hohöfen, die jährlich zusammen 347,000 Centner Gußeisen produzirten, jeder einzelne Hohofen also nicht mehr lieferte als 102½ Centner die Woche.

Da war es, daß ein hochherziger schottischer Graf zuerst durchgreifende Versuche mit Steinkohlen zum Eisenschmelzen in Hohöfen anzustellen beschloß. Das Resultat fiel genügend aus. Der Graf nämlich glaubte sich überzeugt zu haben, die Steinkohlen in ihrem rohen Zustande seien wegen ihres Schwefelgehaltes durchaus nicht anwendbar zur Eisenerzeugung und

*) History and description of fossil fuel. London 1835. Vol. 1.

deshalb hat er einen Verkohlungsprozeß erfunden, den er unrichtig das Abschwefeln der Steinkohlen (s. Verkohlung der Steinkohlen) nannte. Die Steinkohlen wurden nämlich im Freien in mit Kohlenlösche bedeckten langen Haufen einem Verkohlungsprozesse unterworfen, wie bei unserer Holzverkohlung, und nun schienen diese verkohlten Steinkohlen, die man dort Coake nannte, für den Eisenprozeß besser geeignet zu sein. — Aber zugleich waren andere bedeutende Veränderungen, z. B. in der Gestalt der Hohöfen selbst nöthig; das Gebläse mußte verstärkt werden, und die gewöhnlichen ledernen und hölzernen Blasebälge wollten nicht mehr ausreichen. Endlich gelang es dem Grafen, den ersten Hohofen, mit Steinkohlen statt Holzkohlen gefüllt, Wochen lang in gutem Gange zu erhalten, und nun nahm er sich ein Privilegium auf seine neue Erfindung.

Alle Eisenmeister Englands schrieen in einem Chorus gegen die ungeheure Neuerung, wiederholten ihr ewiges: „Es ist nicht möglich, mit Steinkohlen gutes Eisen zu produziren“ — wir glaubens nicht — der Thatsache zum Trotz, daß der Graf gutes Eisen producirte; und der Neuerer starb, ohne irgend eine Frucht seines muthigen Vorangehens und seiner Mühen genossen zu haben.

Die englischen Wälder aber schwanden immer mehr und mehr, und mancher der Eisenwerksbesitzer dachte nun: ehe ich mein Werk eingehen lasse, will ich's doch mit Steinkohlen versuchen.

Man lernte, von der großen Lehrerin der Menschheit, der Noth, gestachelt, bald einsehen, daß trotz der vorgefaßten Ueberzeugung die Holzkohle von der Steinkohle ersetzt werden konnte, und im Jahr 1788, also beinahe ein halbes Jahrhundert seit des Grafen Erfindung, waren von 59 Holzkohlenöfen

bereits 35 verschwunden. Dagegen schmolzen schon 53 Hohöfen mit verkokter Steinkohle, die zusammen jährlich 976,000 Ctr. Roheisen producirten. Die wöchentliche Produktion eines einzigen Hohofens hatte sich also blos durch Sustituirung der Steinkohle für Holzkohle von 102½ Centnern auf 350 Ctr., also um mehr als das dreifache erhöht.

Um 1796 hatte man bereits die Eisenbereitung mit Holzkohlen in England ganz aufgegeben, und im Jahre 1836 war die Eisenproduktion von England auf 20 Millionen Centner des Jahres gestiegen, davon wurden 14 Millionen Centner im Lande selbst verbraucht, 6 Millionen aber ins Ausland versandt.

Bis zum Jahre 1785 jedoch wurden Holzkohlen noch immer unerläßlich erachtet, um Roheisen in Stabeisen zu verwandeln. Der Engländer Cort lehrte seine Landsleute zuerst, auch hier die Holzkohlen durch Steinkohlen zu ersetzen. Trotz der klaren Thatsachen, die vor Augen lagen, schrie man auch hier: „das wissen wir besser, das ist nicht möglich.“ Cort, sich fruchtlos abmühend und von allen verlassen, starb bankerott; sein Patent wurde von der Regierung eingezogen und zum ungehinderten Gebrauche frei gegeben. Bis dahin hatte England von Schweden und Rußland allein 1,406,000 Centner Stabeisen eingeführt — seitdem aber des armen Cort Patent freigegeben wurde, erhoben sich Eisenwerke in allen Theilen Englands, und im Jahre 1836 war die Ausfuhr des Landes an Stabeisen beinahe gleich 3,787,800 Centner.

Die so verachtete, von gelehrten und ungelehrten Gesellschaften zum Eisenschmelzprozesse für gänzlich unbrauchbar erklärte Steinkohle hatte in nicht völlig einem halben Jahrhunderte das in seiner Eisenfabrikation ganz unbedeutende

England zum unbeschränkten Herrscher auf allen Eisenmärkten der Welt erhoben!

So hatte die Verkokungsmethode gerade ein Jahrhundert gebraucht, um sich eines vollständigen Sieges über menschlichen Eigensinn, menschliche Befangenheit und Vorurtheile zu erfreuen, als nach der Einführung der Neilson'schen erhitzten Gebläseluft für die meisten Fälle auch sogar des Verkoken der Steinkohlen sich als überflüssig erwies *).

An und für sich beträgt der Werth der jährlichen Steinkohlenproduktion in England 102,857,140 Thaler, ohne alle Vergleichung wichtiger ist sie aber hinsichtlich ihres Einflusses auf die übrigen produktiven Kräfte der Nation. Es werden jährlich 20,000,000 Centner Roheisen damit fabricirt, und einschließlich der feineren Fabrikate nicht weniger als 160 Millionen Thlr. für Eisenwaaren gewonnen. Die Maschinen, welche vermittelst Steinkohlen in Bewegung gesetzt werden, verrichten die Arbeit von 80 Millionen Menschen. Sie spinnen und weben jährlich für 280 Millionen Thlr. Baumwolle, für 160 Millionen Thlr. Wollenwaaren, für 80 Mill. Thlr. Leinwand. Mit Hülfe seiner Steinkohlen und seiner dadurch in Thätigkeit gesetzten Dampfmaschinen producirt England jährlich für mehr als 1200 Millionen Thlr. Fabrikwaaren, und diese ungeheure Industrie in Verbindung mit dem Handel erhebt den Werth seiner landwirthschaftlichen

*) Des Interesses seines Inhalts wegen, und besonders da es durch Thatsachen zeigt, welche Schwierigkeiten alles Neue zu überwinden hat, theilten wir vorstehende Bruchstücke aus einer von Hrn. Dr. Schafhäutl in der ersten Monatsversammlung des polytechnischen Vereins in München gehaltenen Rede mit. Sie findet sich im Baier. Kunst- und Gewerbsbl. 1842 S. 87.

Produkte auf die enorme Summe von 1722 Millionen Thlr. Wäre es nicht durch eine sehr gründliche Schrift bewiesen worden, so würden wir aus Furcht, der Uebertreibung beschuldigt zu werden, uns scheuen, zu sagen, daß der Werth der jährlichen Produktion von Großbritannien gegenwärtig auf 3600 Mill. Thlr. geschätzt wird.

Alle Schätze, die Spanien und Portugal in ihren glänzendsten Zeiten aus beiden Indien gezogen haben, sind Kleinigkeiten im Vergleich mit den enormen Werthen, welche England mit Hülfe seiner — Steinkohlen producirt.

Und doch — sollte man es glauben — es ist noch nicht vierhundert Jahre, daß man in England diese Quelle des Reichthums noch eben so gering schätzte, als gegenwärtig bei uns. Ja so weit ging damals das Vorurtheil, daß die Stutzer und Pflastertreter von London aus Aerger über den Steinkohlenrauch, weil er ihre feinen Manschetten schwärzte, das Parlament baten, den Gebrauch dieses höllischen Brennmaterials (infernal fuel), das feinen Leuten den Aufenthalt in London unerträglich mache, und, wie durch das Zeugniß der angesehensten Aerzte nachgewiesen werden könne, Brustkrankheiten, Ausschläge und andere klägliche Uebel erzeuge, zu verbieten. Gegenwärtig können die Aerzte von London nicht genug rühmen, wie sehr der Steinkohlengeruch und Rauch der Gesundheit zuträglich sey. —

An der Steinkohlenproduktion kann man recht wahrnehmen, wie die Fortschritte in den Erfindungen und in der Civilisation auf die Entwicklung der produktiven Kräfte wirken. Die Dampfmaschine hat nicht nur der Kohle eine unendlich größere Nachfrage verschafft, sondern auch ihre Gewinnung außerordentlich erleichtert. Minen, die wegen des Wassers zuvor verlassen werden mußten, werden nunmehr mit wenig

Kosten gebaut. Diese Verbesserung hätte aber wenig geholfen, wäre nicht die Erleichterung des Transportes hinzugekommen. Auf gewöhnlichen Landstrassen verdoppelt sich der Preis einer Tonne Kohlen, die an der Grube 2 Thlr. kostet, schon in einer Entfernung von 2—4 Meilen, auf Kanälen erst in einer Entfernung von 10—12 Meilen; noch günstiger aber sind diesem Transport die Eisenbahnen, weil da die Verführung dieses Materials im Winter, wo die Zufuhr am nöthigsten ist, nicht unterbrochen wird.

Sollte es nun unter solchen Umständen nicht an der Zeit sein, genau nachzusehen, was die gütige Natur in die deutschen Berge gelegt hat, und darauf zu denken, diesen Naturreichthum ans Licht zu bringen? Daß es Steinkohlen in entsprechender Menge gibt, im Bückeburgischen, in verschiedenen Gegenden von Westphalen und am Niederrhein, am Harz, am Meißner, am Fichtelgebirge, an der nördlichen Abdachung der Tyrolergebirge, in Ungarn, an der Saar, in Schlesien, längs der Nordseite des Erzgebirges, ist bekannt.

Niemand weiß aber, wie weit die Plätze streichen, wie weit sie untersucht sind oder nicht, von welcher Qualität die Kohlen, was die Förderungskosten seyen, wie weit man Maschinen zu Hilfe genommen, inwiefern also bei größerer Nachfrage die Produktion ausgedehnt werden könnte. —

Den größten nationalökonomischen Vortheil wird aber ganz Deutschland aus seinen Stein- und Braunkohlenlagern dann erst ziehen, wenn sie, wie die Steinkohlenlager in England, zur Basis großartiger Eisenproduction gemacht werden, wozu die Zeit und ihre Conjunkturen (der Eisenbahnbau), so dringend auffordern.

Dann erst wird Deutschland die Schätze, die es in seinen wegen Holzmangel, oder Theuerung jetzt meist unbenutzt

ruhenden Erzlagerstätten besitzt, zu würdigen verstehen und dem Nationalvermögen werden jährlich viele Millionen erhalten, welche gegenwärtig in die Taschen der brittischen Eisenfabrikanten wandern.

Die fossilen Brennstoffe sind: a) Torf; b) Braunkohlen; c) Steinkohlen; d) Anthracit. Man hat alle ebengenannten fossilen Brennstoffe als Pflanzenfaser zu betrachten, welche durch einen unterirdischen Entmischungsprozeß (den wir Verkohlungsprozeß nennen), eine Veränderung ihres ursprünglichen Zustandes erlitten haben. Dieser Verkohlungsprozeß mag bei den ältesten fossilen Kohlenablagerungen tausende von Jahren unter der Erddecke fortgedauert haben und dauert noch immer fort. Jene ältesten Brennfossilien sind die Anthracite, und sie sind entstanden aus den Pflanzenresten der ersten Periode des Pflanzenlebens.

II. Kapitel.

Torf.

Der Torf ist das jüngste, noch täglich unter unseren Augen entstehende Product der fossilen Brennstoffe. — Wenn der Boden irgend einer Gegend flache Becken von größerem oder kleinern Umfange bildet, in welchen das angesammelte Wasser durch unterdrückten Abfluß oder gänzlichen Mangel desselben genöthigt wird, längere Zeit zu stagniren (einen Moor zu bilden), was in der gemäßigten Zone, wegen der

geringeren Verdunstung vorzugsweise der Fall ist; so werden Wasserpflanzen aller Art, Seggen, Binsen, Riedgräser, Algen, Najaden, Moose, sogar strauchartige Pflanzen, wie Weiden u. a., einen so günstigen Standort benutzen und allmählich eine dichte Vegetationsdecke bilden. Mit dem Wechsel der Jahreszeit absterbend, wird sie auf den Boden sinken, um im Frühjahr einen neuer Raum zu geben, ein Spiel, welches sich so lange wiederholt, bis der Sumpf endlich, freilich auf eine wenig solide Weise, ausgefüllt wird. Die unter Wasser getauchten Reste der Pflanzen gehen nun durch Vermoderung einer raschen Veränderung entgegen. Unter Entwicklung von Gasen (Sumpfgas, Kohlensäure), Ausstoßen von unangenehmen, zum Theil schädlichen Gerüchen und gleichzeitiger Aufnahme von Sauerstoff, sowohl aus der Atmosphäre als auch durch Reduktion in der Umgebung (dem Boden und Wasser) befindlicher Verbindungen, z. B. schwefelsauren Salze, verlieren jene Reste ihre ursprüngliche Festigkeit, werden braun und mürbe, und zerfallen endlich zu einem schwarzbraunen, erdigen Schlamme. Pflanzenreste der Art, sie mögen in der Vermoderung noch begriffen sein oder diese bereits vollendet haben, nennt man Torf. — Kleinere Ablagerungen werden fast allenthalben angetroffen, doch beutet man auch Lager von ungeheurer Ausdehnung aus, deren Bildung vorzugsweise durch das Meerwasser vermittelt scheint, wie man aus ihrem Vorkommen an dem flachen Küstenstriche der Nordsee (Holland) und Ostsee (Norddeutschland) schließen muß. Zuweilen scheint die Torfbildung in mehreren auf einander folgenden Perioden vor sich gegangen sein; alsdann ist das Lager durch Sand 2c. 2c. in mehrere Schichten getheilt. Während der Torf zuweilen unmittelbar an der Oberfläche liegt, findet er sich an anderen Orten mit Sand, Dammerde

oder Süßwasserkalk unterbrochen oder bedeckt, aber stets in horizontalen Ablagerungen von geringer Tiefe.

Gewinnung des Torfes. — Der Stich des Torfes darf in jedem Jahr nicht eher beginnen, als bis das Moor wieder gänzlich aufgethaut ist, auch nicht eher, als bis ein Gefrieren der ausgestochenen Torfstücke nicht mehr zu fürchten ist, weil sie sonst zerfallen und als Brennmaterial verlieren würden, auch nicht eher als bis das Moor oberflächlich trocken ist und ein höherer Wärmegrad allgemein herrscht, bei welchem das Abtrocknen der ausgestochenen Stücke befördert wird. Das Beginnen des Torfstichs hängt daher von den regelmäßigen Witterungsverhältnissen der Gegend, in welcher der Moor gelegen ist, ab, und tritt in höheren Breitegraden und bei bedeutenden Erhebungen über die Meeresfläche immer später ein, als unter entgegengesetzten Verhältnissen. Die Gewinnung muß aufhören, ehe noch die Witterung regelmäßig so feucht wird, daß der ausgestochene Torf nicht mehr abtrocknen kann, daher mehrere Wochen vor dieser Zeit. Die Zeit zwischen Mitte Mai und Ende August wird die längste sein, welche aber oft beträchtlich abgekürzt werden muß.

Jede Torfgewinnung muß an den Stellen des Moores, an welchen der Untergrund die größte Erhebung zeigt, an welchen auch die Torflage die geringste Tiefe haben wird, beginnen, so weit nur noch der Torf von der Art ist, daß seine Gewinnung zu der beabsichtigten Verwendung lohnt. Diese Stellen werden sich vorzüglich am Rande der Moore befinden; doch kann auch im Innern derselben der Untergrund sich an einzelnen Stellen erheben. Würde an den tiefern Stellen mit dem Torfstich begonnen, so würde in den ausgestochenen Räumen das Wasser des Moors sich sammeln und die seichten Stellen so trocken werden, daß der Torf nicht

nur fortwächst, sondern der vorhandene in unbrauchbare trockene Stauberde zerfällt.

Der Torf liegt gewöhnlich sehr nahe zu Tage oder an der Erdoberfläche, diese wird dann zu dem Ende entblößt und der Torf nachher auf verschiedene Weise gewonnen. Man unterscheidet die obern Schichten von den untern. Die obere sehr faserige Schichte besteht aus einem Gewebe von Pflanzen, die man noch größtentheils unterscheiden kann, und heißt Fasertorf. Die andern sind dicht und die darin enthaltenen Vegetabilien völlig zersetzt und unkenntlich, diese Schichten geben den Streich- oder Moortorf. Der Moortorf ist vorzüglicher als der Fasertorf, die Gewinnung desselben geschieht daher mit vieler Sorgfalt; übrigens ist die Lage des Fasertorfs nicht sehr mächtig. Man gewinnt ihn mit dem gewöhnlichen Spaten, indem man backsteinförmige große Stücke heraussticht, die man an der Luft und der Sonne trocknet. In den französischen Torfstechereien geschieht die Gewinnung des Moortorfes aber auf eine andere Weise. Sobald durch die Gewinnung des Fasertorfs der Moortorf entblößt ist, sticht man mit einem besonders geformten Grabscheit, welches auf der einen Seite ein im rechten Winkel gegen die Fläche des Grabscheits gebogenes Oehr hat, die backsteinförmigen Stücke. Man trocknet dieselben ebenfalls an der Luft und der Sonne.

Etwas umständlicher, jedenfalls aber dem Zwecke entsprechender ist das Verfahren in Holland, welches vollkommen dem Vorbereiten des Thons in den Ziegeleien gleicht, das Baggern. Der Fasertorf und alle Torfarten, die sich diesem nähern, werden stets mit dem Grabscheite gewonnen und oberflächlich geformt. Aber den Moortorf gewinnt man auf eine besondere Weise, und diese wollen wir näher betrachten.

Man entblößt das Torflager, sticht denselben anfänglich mit dem Grabscheite und nimmt ihn hernach mit der Schaufel heraus. Sie bestehen in einem einfachen Ringe mit scharfen Rändern, der durchlocht ist, um in die Löcher die Bänder von einer Art Netz oder Sack zu befestigen, der die Vertiefung oder den Bauch einer Schaufel bildet. Man hat hiemit den Vortheil, weniger Wasser schöpfen zu müssen, weil dieß sogleich abläuft. Man wirft nun den Torf in einen Kübel, in welchem ein Arbeiter mittelst einer Gabel ihn durchrührt und die groben Stücke zerreißt, und dann noch etwas Wasser zufügt, um eine Art Teig bilden zu können, den er gut mit den Füßen durcheinander tritt und mit einer Krücke zerreißt. Ist der Teig gut bereitet, so giebt man ihn auf eine 12 bis 30′ breite Fläche, welche so lang ist, als es der Platz gestattet. Der aufgeschüttete Torf ist in der Regel 13 Zoll hoch. Diese Fläche ist mit Brettern von 14 Zoll Höhe eingefaßt, und diese Einfassung bildet einen Trog für den gewonnenen Torf. Das überflüssige Wasser läuft zum Theil ab, versinkt in der Erde oder es verdampft auch nach und nach. Damit der Torf sich nicht auf dem Erdboden ansetzt, bedeckt man vorher die Kohle, worauf er kommen soll, mit einer Lage festgetretenen Heues. Nun gießt man den Torf in breiigem Zustande darauf; hiernach wird derselbe mit der Schaufel ausgebreitet und mit dem Schlägel darauf geschlagen, um ihm eine gleichmäßige Stärke und Konsistenz zu geben. Nach Verlauf von einigen Tagen hat sich ein großer Theil des Wassers in die Erde gezogen und viel davon ist verdampft, wodurch der Torf mehr Zusammenhang erhält. Man läßt nun Kinder und Weiber darauf herumtreten. Diese haben statt der Schuhe 6 Zoll breite und 13—14 Zoll lange Brettchen an den Füßen, welche sie nach Art der Schlittschuhe

befestigen. Durch dieses Herumtreten erhält der Torf gleiche Mächtigkeit, wird kompacter und die sich gebildeten Risse verschwinden. Man hört mit dem Treten auf, sobald man auf dem Torfe mit gewöhnlichen Schuhen herumlaufen kann, ohne einzubrechen. Hernach schlägt man denselben nochmals mit breiten Schaufeln oder Schlägeln zusammen und endigt damit, der Lage eine gleichförmige Mächtigkeit von 8—9 Zollen zu geben.

Auf dem Torfhaufen zieht man hierauf mit Hülfe eines Richtscheites Linien, welche denselben in Quadrate von 4 bis 4½ Zoll theilen. Da die Mächtigkeit der Schichte 8 Zoll beträgt, so erhält man, wenn die Schichte nach vorgezeichneten Linien durchstochen wird, Ziegel von 8″ Länge und 4″ Breite und Dicke. Das Stechen der Ziegel geschieht mit einem ganz besonders geformten Grabscheit, dessen Eisen einen sehr stumpfen Winkel bildet. Man durchsticht den Torf hier und da in der Richtung der gezogenen Linien, um zu sehen, wie weit er ausgetrocknet ist, und um das Trocknen noch zu befördern. Je trockner er wird, um so weiter wird er durchstochen. Ist das Durchstechen beendigt, so überläßt man die Ziegel sich selbst einige Zeit, damit sie mehr Consistenz erhalten. Endlich heben die Arbeiter die Ziegel, der 1., 3., 5ten Reihe heraus und legen solche quer auf die noch festliegenden der 2. 4. 6ten Reihe. Die Arbeiter haben dabei lederne Handschuhe an. Nach einigen Tagen setzt man die Ziegel in umgekehrter Ordnung um, so daß die untern nach oben und die obern nach unten kommen. Dieses Umsetzen ist hinreichend, daß die Ziegel von selbst in kurzer Zeit trocknen. Die trocknen Ziegel werden in Schoppen aufbewahrt; man muß jedoch die Torfziegel nicht früher, als bis sie vollkommen trocken sind, in Schoppen bringen. Nicht

gehörig trockene Ziegel werden in denselben oft so warm, daß sie Feuer fangen.

Sehr bedeutende Torfmoore finden sich in Preußen, Pommern, in der Mkt. Brandenburg, in Westphalen, in Holland, in mehreren Gegenden Frankreichs, in Schottland u. s. w.

Dieselben Gründe, die bei der Dörrung des Holzes aufgestellt wurden, bestimmen öfters für manche Zwecke die Anwendung halbverkohlten, gerösteten, oder gedörrten Torfes statt der Torfkohle. Lampadius fand durch Versuche, die er mit aubacher Torfe anstellte, daß derselbe in stark gedörrtem Zustande bei gleichem Volumen fast noch einmal so viel Wärme entwickelt, als Torfkohle und über noch einmal so viel als gewöhnlich lufttrockner Torf. Erdmann's J. Bd. 1. Durch die Verkohlung wird dem Torfe der flammegebende Kohlenwasserstoff, mithin Hitzkraft, entzogen, während bei dem Dörren nur das Wasser vollständig ausgeschieden wird, wobei kein Verlust an Kohlenwasserstoff stattfindet.

Der Torf wird entweder 1) in Oefen oder 2) in Meilern gedörrt. — Fritzsche beschreibt die Dörrung des Torfes in der Hütte des Königsbrun auf der Alp, wo gedörrter Torf zum Flammofenbetriebe verwendet wird; dort besteht der Dörrofen aus einer 9 bis 12 Fuß hohen, 8 Fuß breiten, 9 Fuß tiefen gemauerten vierseitigen Kammer, der Boden derselben wird von einer gußeisernen Platte gebildet und unterhalb dieser befindet sich die Feuerung; Rost und Thüre der letzteren befinden sich an der anderen Wand; die Flamme und die heiße Luft streichen unter der Platte nach hinten, und gelangen dann in ein Abzugsrohr, welches hinter der hintern Wand der Kammer bis zur Decke in die Höhe, dann wieder herab, und unten zum Ofen hinausgeführt wird; dieses

gekrümmte Abzugsrohr befindet sich demnach in einer zweiten, hinter der Kammer gelegenen Abtheilung des Ofens von gleicher Höhe und Breite, aber in viermal geringerer Tiefe wie die Kammer selbst, der Boden dieser hinteren Abtheilung ist blos gemauert. In der hinteren Wand der Kammer, welche dieselbe von der zweiten Abtheilung trennt, befinden sich eine große Anzahl vierseitiger Löcher, jedoch erst 2 Fuß über der Bodenplatte beginnend. Die vordere Wand der Kammer hat unten eine Eintragsthür für den Torf, welche bis in die halbe Höhe empor reicht; ganz nahe an der Bodenplatte finden sich in der vorderen Wand Oeffnungen. Die hintere Wand der zweiten Abtheilung, durch welche unten das Rauchrohr geht, hat eine ziemlich weite Oeffnung. Der Luftzug tritt also durch den unteren Theil der Vorderwand ein, geht durch die Kammer hindurch, durch die Löcher der Hinterwand in die zweite Abtheilung und endlich zu der oberen Oeffnung der letzteren hinaus in's Freie. Die Krümmung des Rauchrohres in der zweiten Abtheilung erwärmt diese ebenfalls und befördert dadurch den Luftzug. Wenn man den Dörrofen füllt, so legt man auf die Bodenplatte zuerst etwa 1 Fuß hohe hölzerne Bänke, auf diese Latten, und schüttet dann den Torf darauf, indem man nur hin und wieder in die Masse Kanäle von Latten einschließt, um den Luftzug durch die Masse, welcher die Wasserdämpfe hinwegführen soll, zu erleichtern. Der Ofen faßt etwa 12000 Torfsteine (Ziegel). Man feuert mit Kohlenklein und Torfabfällen.

Das vollkommene Austrocknen der 12000 Torfsteine fordert 9—10 Tage Zeit, 8 würtemberger Kubikfuß Brennmaterial. Der vollkommen ausgetrocknete Torf hat fast die Hälfte an Gewicht und Volumen verloren, ist sehr dicht, zieht

aber leicht Feuchtigkeit aus der Luft an, daher man ihn schnell verwenden muß.

Die zweite Art der Dörrung, die in Meilern, geschieht sogleich unmittelbar in der Nähe des Torflagers. Auf einem gemauerten und mit einem Roste versehenen Heizungsraume wird ein Meiler geschlichtet, der ohngefähr 8—10 tausend Torfziegel faßt. Eiserne Stangen trennen die Feuerung von dem Meilerkörper und lassen nur die heiße Luft und den Rauch durch denselben ziehen. Im Innern wird ein 12—24 Zoll weiter senkrechter essenartiger Kanal ausgespart, theils um eine warme Luftsäule zur Beförderung des Zugs über dem Feuer zu erhalten, theils um den im Innern sich bildenden Dämpfen einen freien Abzug zu gestatten ꝛc. ꝛc. Zur Feuerung verwendet man Torfabfall. Die Ziegel müssen an der Luft einen gewissen Grad von Festigkeit und Trockenheit, und zwar alle gleichartig, erhalten haben, sonst würden während des Dörrens Senkungen und wohl der Einfall des ganzen Meilers zu erwarten sein. Zur Austrocknung des Torfes in Meilern bedarf es einer Zeit von mindestens 8—12 Tagen.

Ein Bestandtheil kann im Torf bisweilen seiner Qualität nach eine Höhe erreichen, die denselben unbrauchbar macht; es ist dies die Asche, hierbei von doppelter Natur; einmal die den Pflanzentheilen eigenthümliche Aschenmenge (so weit sie das Sumpfwasser nicht ausgelaugt), und außerdem noch Alles, was sich beim Absetzen des Torfes von Endigmen ꝛc. eingemischt hat. Sie ist sowohl der Menge als der Natur nach von der Holzasche wesentlich verschieden und schwankender. So hat man in 100 Theilen Torf folgende Aschenmengen beobachtet.

Art des Torfes.	Asche.	Beobachter.
Rasentorf, braungelb	1—15	Karmarsch
Stechtorf	1,2—8	
Junger, braunschwarz	bis 5 u. 7	
Erdtorf, alter	10	
Schwarz, dicht von Neumünster	2,2	Suersen
Schwarz, dicht von Sindelfingen	7,2	Schübler
Braun, locker von Schwenningen	2,3	
Sehr alter Torf, Vulcair bei Abbeville	5,58	
„ „ „ Long bei Abbeville	4,61	
Weniger alt, von Champ du feu bei Abbeville	5,35	
Bei Berlin, 1. Lage	9,3	Achard
„ „ 2. „	10,2	
„ „ 3. „	11,2	
Schwarz, alt von Möglin	14,4	Einhof
Braun, jung „ „	14,3	
Moor in Eichsfeld, 1. Art	21,5	Buchholz
„ „ „ 2. „	23,0	
„ „ „ 3. „	30,5	
„ „ „ 4. „	30,0	
In 41 Sorten aus dem Erzgebirge	1—24	Winkler

Der Torf kann also von 1 Proc. bis nahe $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes an Asche enthalten. Der große Aschengehalt der

Torfarten schadet beim Brande mehrfach, theils durch Verstaubung in der Umgebung und theils durch lästige Anhäufung, wodurch in Städten z. B., wo man die Asche nicht sogleich als Dünger verwenden kann, Transportkosten entstehen, um sich ihrer zu entledigen*); theils wie bei Schmelzprozessen durch chemische Einwirkung, davon abgesehen, daß sie überhaupt die Masse des Brennstoffes verringert. Einhof fand in 100 Theilen derselben 15,25 Kalkerde, 20,5 Thonerde, 5,5 Eisenoxyd, 41 Kieselerde, 15 phosphorsaure Kalkerde, 15,5 Kochsalz und Gyps. Man findet in der Torfasche nie kohlensaure Alkalien, dagegen viel phosphorsaure Salze; Schübler fand sogar in Torfasche von Schwenningen 34 Proc. phosphorsaure Salze, auf deren Gegenwart die bekannte Düngekraft der Asche hauptsächlich beruht. Wie schon bemerkt, hängt das specifische Gewicht des Torfes von seinem Feuchtigkeitszustand, seinem Alter und Dichte ab. Karmarsch fand dasselbe in hannoverschen Torfarten folgendermassen: Heller junger Rasentorf, kaum veränderte Moose rc. 0,113 bis 0,263. 2) Junger Braun- und Schwarztorf, erdige Grundmasse mit Wurzeln durchzogen 0,240 bis 0,600. 3) Alter Torf, Pechtorf 0,639 bis 0,933. — Für Krisheimer (bei Darmstadt), Formtorf fand man: 0,706, so daß 1 C. F. 22 Pfd. und 100 Ziegel (à 56 C. Z.) 123,5 Pfd. im Durchschnitt wiegen. Sie hinterlassen nach dem Verbrennen eine Aschenmenge, welche

---

*) Bei einer gewissen Feuerung, wo man 80 Maaß = 320 Pfd. Wasser in etwas mehr als 9 Stunden verdampfte, waren 240 Pfund Torf nöthig. Diesen zu 20 Proc. Asche gerechnet, mußten täglich 48 Pfd., im Jahr aber 175 Ctr. Asche im Heerde zurückbleiben, deren Entfernung einen gewissen Kostenaufwand verursacht.

bei einem etwas geringen Volumen die Form des Ziegels beibehält, also jedenfalls bedeutend ist und mehrere Lothe beträgt.

Schon die Art der Entstehung des Torfes giebt zu erkennen (siehe Baum- und Steinkohlen), daß der Kohlenstoff darin verhältnißmäßig sich angehäuft haben müsse, wenn man ihn mit dem der Holzfaser vergleicht. In der That fand Regnault in den 3 Torfarten, nach Abzug des Aschengehaltes, der schon angegeben wurde und zwar in dem

Torf von Vulcair 57,03 Kohlenst., 5,63 Wasserst., 31,76 Sauerstoff.

„ „ Long 58,09 Kohlenst., 6,93 Wasserst., 31,37 Sauerstoff.

„ „ Champ du feu 57,79 Kohlenst., 6,11 Wasserst., 30,77 Sauerstoff.

Das Atomverhältniß des Wasserstoffs zum Sauerstoff ist hier fast genau wie 3:1, während es im unzersetzten Holze 2:1 ist. Ein Pfund Torf erhitzt 20 bis 25 Pfd. Wasser von 0^{0} auf 100^{0}, so daß dem Gewichte nach sein Brennnwerth ohngefähr die Hälfte des für die Steinkohle angenommenen beträgt. Der Torf verbrennt bei gewöhnlichem Luftzutritt langsam und giebt eine gleichförmige, für Stubenfeuerung besonders geeignete Wärme. Die unreinen Sorten, z. B. der sogenannte Fasertorf, geben mehr Flamme, verbrennen schnell, lassen wenig oder keine Kohle zurück. Die schwerste Sorte giebt weniger, beinahe keine Flamme und eine lang anhaltende Kohle. Wie schon bemerkt, vermindert der Gehalt an Erden die Hitzkraft des Torfes bedeutend. Je lockerer der Torf ist, um so weniger Zug bedarf er bei dem Verbrennen, je dichter er ist, um so mehr. Die bessern Sorten können jedoch bei verstärktem Luftzutritt auch zu Flammöfen, Por-

zellanöfen und Kesselfeuerung benutzt werden. Beim Torf und der Torfkohle ist nach Péclets Versuchen das Verhältniß der strahlenden Wärme zn der ganzen Wärmemenge wie 1:3.

III. Kapitel.

Braunkohlen.

Braunkohlen nennen die Geognosten ganz im Allgemeinen diejenige, mehr oder weniger chemisch veränderte (der unterirdischen Humusgährung unterlegene) Holzfaser, die in den tertiären Gebirgsformationen, welche die Schichten Grobkalk und Kreide ausmachen, vergraben und also fossil sich vorfindet. Diese Braunkohle bildet bald mächtige Lager, bald nur einige Zoll dicke Schichten von, zwischen Sand und Thon vergrabenen, Stämmen, Zweigen und Blättern, denen selbst Früchte, unter anderen von Coniferen, Palmen und Amentaceen, Najadeen beigemischt sind, und bald ist die Holzfaser dieser Vegetabilien nur wenig verändert, die die Lager anfüllenden Stämme 2c. noch mit völliger Holzstruktur versehen, welche sich auch noch über Tage hält; bald ist es nur noch geringe Holztextur und geringer Zusammenhang vorhanden, über Tage Sprünge und Risse annehmend; bald ist jede Spur von organischem Gefüge verwischt und die Massen entweder erdig oder compakt.

Wir wollen jetzt die verschiedenen Varietäten der Braunkohle näher betrachten. Man theilt dieselbe gewöhnlich in

folgende Familien: a) Pechkohle; b) gemeine Braunkohle; c) bituminöses Holz; d) Moorkohle; e) Erdkohle; f) Schiefer- und Papierkohle.

a) Die Pechkohle hat derben, muscheligen Bruch, ist fettglänzend, sammet- und pechschwarz bis bräunlich. Die Außenflächen zeigen noch Spuren von Holzstruktur, im Innern ist die Andeutung eines vegetabilischen Ursprungs gänzlich verschwunden. Sie kommt daher der Steinkohle am nächsten. Oft hinterläßt sie viele und thonige Asche, es giebt jedoch Arten, die den besten Steinkohlen an Brauchbarkeit nicht nachstehen. Ueberall wo es nicht darauf ankommt, vorzüglich backende Steinkohlen zu haben, vertritt diese Braunkohle die Stelle der Steinkohle. Specifisches Gewicht 1,2 — 1,3.

b) Gemeine Braunkohle. Derb; zum Theil noch deutlich Holzstruktur. Zuweilen, doch selten, faseriges Gefüge. Bruch erdig, ins Groß- und Flachmuschelige. Fettglänzend, von Farbe schwärzlich braun. — Sie ist die allergewöhnlichste unter den Braunkohlen, hat wenig Bitumen, riecht nicht gut und hinterläßt 20—30 Proc. Asche. Sie kommt hauptsächlich vor in Sachsen, Mansfeld, Thüringen, Rheinprovinzen, Böhmen, Steiermark. — Spec. Gew. 1,3.

c) Bituminöses Holz, fossiles Holz, Holzbraunkohle. Die Holzgestalt deutlich: nicht allein der Stamm, sondern auch Wurzeln, Rinde und Aeste gut erhalten. Die Stämme sind selten noch in ihrer ursprünglichen runden Gestalt, sondern durch die überlagernden erdigen Massen, mehr oder weniger breit gedrückt. Farbe: Holz- und Haarbraun; in der Nähe von Basaltrücken zuweilen zu Kohle verbrannt, und von der gewöhnlichen Holzkohle nicht zu unterscheiden. Die längsspaltige Oberfläche ist gewöhnlich matt, die Schnittflächen dagegen zeigen Glanz, der Querbruch das Bitumen. Die meisten Stämme und

Aeste sind von Rinde entblößt, wie beim Treibholz; Früchte, Zapfen von Nadelhölzern und Samenkörner finden sich häufig. Bei den Holzbraunkohlen ist der Verkohlungsprozeß nur erst halb vollendet, und häufig ist die Kohle von der Halbkohle aus frischem Holze, im Ansehen, gar nicht zu unterscheiden. Während die Stämme selbst nur halbgekohlt sind, sind Blätter und Zweige dagegen oft ganz verkohlt. Das häufigste Vorkommen dieser schönen Kohle ist in Basaltgebirgen. An Brauchbarkeit steht die beste der Pechkohle ganz gleich, und ist sie schwefelfrei und bituminös, dann gibt sie, namentlich für den Hüttenbetrieb, (für Flammöfen), und für Dampfmaschinen ein treffliches Brennmaterial ab. Spec. Gewicht 1—1,38. Vorkommen: Sachsen, Thüringen, Hessen &c.

d) Moorkohle, eine derbe, meist zerborstene Masse, oft unvollkommen schiefrig. Holztextur nicht mehr, wenigstens selten, deutlich erkennbar. Zerspringt, der Luft ausgesetzt, in trapezoidische Stücke. Im Bruche eben, nur selten ins Muschlige übergehend; schimmernd bis zum schwachen Fettglanz. Farbe: schwärzlichbraun bis zum Pechschwarz. Sehr verbreitet; aber ihre Anwendbarkeit ist beschränkt. Vorkommen: Böhmen (Töplitz, Karlsbad), Mähren.

e) Erdkohle, erdige Braunkohle, fossile Holzerde, kölnische Umbra. Im Bruch matt und besteht aus so locker zusammenhängenden erdigen Theilen, daß sie an der Luft in Staub zerfällt. Farbe: Holzbraun, gelblichbraun, ins graulich Weiße. Zuweilen umschließt sie ganze Stämme von fossilem Holz, die vollkommen gut erhalten, jedoch seltener bituminös sind. Die obere Lage derselben zeigt nicht selten Schilfe, Blätter und Stängel von Sumpfpflanzen; daher anzunehmen, daß diese Kohle aus der gemeinen Braunkohle hervorging. Wird, mit Thon gemengt und geformt, als Ofenfeuerung, auch häufig

zum Alaun benützt. Entzündet sich leicht, brennt mit lichter Flamme unter Entwicklung bituminösen Geruchs und starken Rauches. Vorkommen: Provinz Sachsen (bei Halle und Merseburg), Thüringen, Mansfeld ꝛc. —

f) Papierkohle, auch Blätterkohle besteht aus sehr dünnen elastisch-biegsamen Lagen von braunschwarzer Farbe und verdankt meist Schilfen ihre Entstehung. Wenig brauchbar.

Das Vorkommen der Braun- Steinkohlen betreffend, werden dieselben in dreierlei Ablagerungen angetroffen und zwar von unten nach oben:

1) Im Kohlengebirge in zwei Abtheilungen, dem ältern Uebergangsgebirge (Anthracit) und der jüngern Steinkohlenformation (Steinkohlen).

2) In der secundären Formation in zwei Abtheilungen, der (älteren) Keuper- und Jura-Ablagerung (Steinkohle) und der jüngeren Kreide (Steinkohle).

3) In der tertiären Formation, Süßwasserkalk, Muschelkalk ꝛc. mit Braunkohlen.

Nach eben Angegebenem ist die Braunkohle eigentlich nur in der Tertiärformation zu finden. Ihr Gebilde wird durch die sie begleitenden Lagen von Thon, Mergel, Gyps, quarzigem mehr oder weniger eisenschüssigem Sand, Sandstein, quarzigen Trümmergesteinen, Geröllen u. s. w. sehr deutlich bezeichnet. Diese Glieder wechseln mannigfach untereinander. Bald steht das eine, bald das andere vorwaltend da. Als treueste Begleiter sind die Thone zu bezeichnen, die fast bei keinem Braunkohlenlager fehlen. Unläugbar sind die Braunkohlen aus umgestürzten oder verflutheten Wäldern hervorgegangen; diese brachen entweder an dem Orte ihres Wachsthums zusammen, (in welchem Falle die Stämme alle nach einer Richtung liegen) oder sie wurden durch große, starke

Wasserströmungen an bestimmte Punkte hingeführt und daselbst in Menge abgesetzt. In letzterem Fall läßt sich eine besonders regelmäßige Lagerung in einer bestimmten Richtung an den Stämmen nicht herausfinden. Die Pflanzen haben in wenigen Fällen ihre äußere Gestalt beibehalten; bei weitem häufiger sind sie durch die aufliegenden Thon- und Sandschichten breit gedrückt. Oft ist die Holzstruktur so deutlich zu erkennen, daß auf dem Querbruche die Saftgefäße genau in die Augen fallen.

Vorkommen. — Der Reichthum an Braunkohle ist besonders in Deutschland sehr groß, und da kein anderes fossiles Brennmaterial das Holz zur gewöhnlichen Stubenfeuerung vollkommener vertreten und ersetzen kann, ist diese große Verbreitung, zumal jetzt, bei der allgemeinen Steigerung und dem Mangel des Brennholzes, eine große öffentliche Wohlthat. Die Braunkohlenablagerungen beginnen an der rheinpreußischen Westgrenze, erlangen bei dem Dorfe Eschweiler, unfern Aachen, eine bedeutende Mächtigkeit und erstrecken sich von hier aus nach Cöln und Bonn, wo das Flötz die enorme Stärke von 100 Fuß erreicht. Auf dem rechten Rheinufer auf Grauwacke aufgelagert, bedecken im Siebengebirge Basalte die Kohlen. Wo ausgedehntere und mächtigere Basaltmassen empordringen, sind auch dort die Braunkohlenflötze zerrissen und getrennt durch Klüfte und Spalten, welche sich gegen den Tag hin, mehr oder weniger ausbreiten. Weiter gegen Süden ziehen sich die Braunkohlen nach dem Westerwalde hin, von wo sie sich durch Basalte wiederum vielfach verstört, in mehr vereinzelten Parthieen nach der Wetterau hin erstrecken. In geringerer Ausdehnung, auch ohne geschlossene Lagerung und mit Basalten wechselnd laufen sie durch das Rhöngebiet, und was hier die Flötze an Größe und Mächtigkeit entbehren,

ersetzen sie durch die beste Qualität. Süd- und westwärts von der Rhön sieht man blos schwache Spuren. Aus dem Werrathale ins thüringer Becken übertretend erscheinen sie unabhängig von Basalten, ziehen sich, der Unstrut entlang, dann rechts nach Altenburg und Sachsen, und links nach dem Fuß des Harzes und der mit ihm zusammenhängenden Ebene hin, von wo sie in großer Ausbreitung, aber von geringer Güte, durch die zwischen Elbe und Oder gelegene Fläche bis zum Gestade der Ostsee fortlaufen.

Da wo der Neißefluß aus dem lausitzer Gebirge hervorbricht, liegen die Braunkohlen auf dem Urgebirge auf und laufen in wechselnder Mächtigkeit, die sogar auf 150 Fuß steigt, zu beiden Seiten der Neiße bis nach Muskau fort. — Keine Provinz des Kaiserstaates ist so mit Braunkohlen gesegnet, als Böhmen. In 3 großen und einigen kleineren Becken abgelagert, ziehen sie sich von Eger am Fuße des Erzgebirges hin und in den Ebenen, die sich von hier aus entfalten, über Falkenau, Schlackenwerth bis nach Bilin uud Töplitz fort. Im Innern Böhmens sind sie an dem ausgezeichnet schönen, mit einer Menge von zuckerhutförmigen Klingsteinbergen sich stolz erhebendem Mittelgebirge und zu beiden Seiten der Elbe, bei Kolin, Außig, Wernstadtl und der nördlichen Grenze bei Grottau in vielen und reichen Flötzen zu treffen. Auch in Steiermark bei Judenburg und Leoben, in Oestreich bei Wienerisch-Neustadt und Oedenburg, in den salzburgischen Alpenthälern ꝛc., wie in den Vorthälern des bayerischen Gebirges gräbt man sie in mächtigen Lagern und von guter Qualität. — Die Braunkohlenablagerungen beginnen diesem nach in einem schmalen Streifen im äußersten Westen Deutschlands, verbreiten sich nach Ost hin immer mehr und nehmen endlich, theilweise unterbrochen, an den östlichen Grenzen

unseres Vaterlandes, dessen ganze Breite von den steierischen Alpen bis zur Ostsee ein.

In England treten Braunkohlen selten auf und mächtig nur in der Gegend von Bovey, wo die Flötze in einer Vertiefung, die durch spätere Strömungen theilweise ausgerissen und mit Gerölle überdeckt wurde, abgelagert erscheinen. — Die bedeutendsten und reichsten Braunkohlenlager in Frankreich, findet man in dem Departement der Aisne, der Oise, der Seine-Inferieure, der Rhone-Mdgn., der Vaucluse u. s. w. Im Dep. Seine-Infer., Calvados, der Somme, des Pas-de Calais, längs dem Canal, giebt es Braunkohlen-Flötze, deren Kohlenschichten so nahe dem Meeresstrande und so flach liegen, daß sie während der Ebbe über dem Wasser sichtbar sind. Der aufgeschwemmte erdige Schlamm, welcher das Seinethal ausfüllt und weite über das gegenwärtige Flußbett erhobene Ebenen bildet, weist eine ansehnliche Menge Lager von faseriger Braunkohle nach, wo auch bituminöse Bäume vorkommen, deren Holztextur vollkommen erhalten ist. Die Seine-Insel Châtru ist ganz aus einer verworrenen Anhäufung dieser Bäume entstanden. Um die Seine-Mündung setzt die Braunkohle keine regelmäßigen Flötze zusammen, sondern alles ist durcheinander geworfen. Hier werden oft Ueberreste großer Thiere ausgegraben. Unter Morlaix in der Bretagne, so wie an mehreren Punkten der französischen und englischen Küste, hat man unter dem Küstensande sogar Wälder aufrecht stehend in Braunkohle umgewandelt gefunden. — Die Schweiz hat Braunkohlen im Canton Zürich und Lausanne, Italien aber bei Cadibona im Großherzogthum Genua; in Island ist die Braunkohle neben dem Treibholze das einzige Brennmaterial. Auch die westlichen Staaten von Nordamerika, ferner: Mexiko,

Ostindien, Rußland, Polen u. s. w. sind mit mächtigen Braunkohlenlagern gesegnet.

Man unterscheidet hauptsächlich 4 Arten der Braunkohlengewinnung; nämlich: Tage-, Strebe-, Pfeiler- und Etagenbaue.

a) Tagebaue. — Kommen die Braunkohlenflötze dem Tage so nahe, daß nur einige Fuße bis zwei Lachter Dach über ihnen zu treffen ist, so wendet man bei der Gewinnung die sogenannte Aufdeckarbeit an. Man läßt in bergigem Terrain mehr oder weniger tiefe Gruben nach dem Flötze hinantreiben, um die Wasser durch dieselben abzuleiten, oder stellt, wo sie in Ebenen abgelagert sind, Pumpen in ein Abteufen*) und setzt dieselben entweder mit Menschenhänden oder durch Tret-Wasserräder und Dampfmaschinen in Bewegung, um die Wasser so weit zu heben, daß die Arbeiter die Gewinnung ungehindert vollführen können. Sobald nun das Wasser den Bergleuten kein Hinderniß mehr in den Weg legt, werden die Gebirgslagen — in der Regel Thon — mittelst Hauen und Schaufeln abgehoben, durch Laufkarren zur Seite und zwar an solche Punkte geschafft, wo sie einestheils den späteren Abbau nicht hindern, anderentheils aber auch kein gutes Kohlenfeld für spätere Gewinnung untauglich machen. Sobald die Räumung einer Abtheilung des Lagers vollendet ist, schreitet der Kohlenhäuer zur eigentlichen Gewinnung, indem er mit dem Häuergezähn die Kohle herausnimmt und sie in Fördergefäße stürzt. Dieselben bestehen, je nach der Tiefe des Abdeckraumes, entweder aus Karren oder Wagen,

---

*) Abteufen heißt eine schurf- oder schachtähnliche Vertiefung oder Gesenk, wo sich die Wasser ansammeln können.

welche der Hundestößer auf einer schiefen Ebene aus dem Abbaue läuft, oder aus Kübeln, Kasten und Tonnen, die an Handhaspeln oder mit Maschinen mittelst Seilen an die Oberfläche gezogen werden. Ist das Flötz nicht zu mächtig, so hauen es die Bergleute mit einem Male bis zur Sohle nieder; im entgegengesetzten Falle rückt die erste Abtheilung auf einem Stoße von 5—7 Fuß senkrechter Höhe fort, worauf eine andere sich hinter derselben anlegt, und die zweite tiefere Sprosse beginnt, sobald die erste so viel Raum gewonnen hat, daß sie der hinter ihr sich anlegenden nicht mehr den Weg vertritt. Ist auf diese Weise der letzte Kohlenstreifen bis auf die Sohle (das Liegende) ausgehauen, so werden Abdeckerde, der in der Kohle sich vorfindende Thon rc., nebst dem unreinen Kohlenklein in die abgebauten Räume verstürzt. Die Braunkohlentagebaue haben gegen diejenigen, welche unterirdisch hergestellt werden müssen, die großen Vortheile: 1) daß der Arbeiter sich frei bewegen, demnach seine vollkommene Kraft unausgesetzt entwickeln kann; 2) daß sie keine kostspieligen Stollen und Schachtausführungen nothwendig machen; 3) daß sie keine Zimmerung in Anspruch nehmen, welche in holzarmen Gegenden ungemein viel Kapital verschlingt; 4) daß die Wetter unausgesetzt vollkommen gut sind und keiner kostbaren künstlichen Zuleitung bedürfen; 5) daß die Kohlenbrände entweder ganz und gar vermieden werden, oder daß, wenn ja welche zum Vorschein kommen, sie die Fortsetzung der Arbeiten nicht im Geringsten verhindern und schnell gelöscht werden können. Es muß folglich bei Ausrichtung von Braunkohlenflötzen und Bestimmung der anzuwendenden Abbaumethoden vorsichtig zu Werke gegangen und dann, wenn das überlagernde Dach nicht zu mächtig ist, jedenfalls der Tagebau gewählt werden.

b) Strebebau. — Der Strebebau, auch Abbau mit breitem Blicke genannt, wird besonders beim Abbau schwachfallender, minder mächtiger Flötze angewendet. Ist die Streichungslinie der Abbauräume bestimmt, so werden fast senkrecht auf denselben mehrere Strecken getrieben, welche auch da, wo der Abbau beendigt ist, offen erhalten werden. — Diese Strecken gehen von einer Grundstrecke, welche zur Förderstrecke dient, aus bis zum äußersten Ende des abzubauenden Feldes. Auf der ganzen Länge des Strebes, die oft 70—80 Lachter beträgt, sind die Häuer vertheilt. Sie führen erst mit der Keilhaue in die Sohle einen Schramm, und auf beiden Seiten des Strebes um die ganze Höhe desselben wird nun geschlitzt. Man erhält dadurch eine länglich würfelförmige, auf drei Seiten freigemachte Masse, welche nur noch im Dache und an der hinteren Seite mit dem Flötze zusammenhängt. Um nun diese Bank zu gewinnen, schlägt der Häuer zwischen dieselbe und das Hangende von Distanz zu Distanz eiserne Keile, worauf die ganze Bank mit einem Male hereinfällt. — Beim Braunkohlenabbau erhält man auf diese Weise einen bedeutenden Prozentfall von Stückkohlen und wenig kleine Stücke, was von großer Wichtigkeit ist. Jedoch ist dies nicht der einzige Vortheil der Strebebaue, wenn nicht lokale Verhältnisse dessen Anwendung verbieten. Da man nur an dem festen Stoße schlitzt, spart man an Zeit und Arbeitern, die Schwere der Kohlen wirkt beim Hereinnehmen derselben, und endlich hat man eine geringere Zimmerung nöthig, als beim Pfeilerbaue. Jedoch ist zum Abbaue mit breitem Blicke ein rechtes Hangendes oder Dach und ein nicht gebräches Kahl erforderlich. — Indem nun der Abbau von vorne nach hinten zu rückt, wird eine Zimmerung angebracht, oder das Dach wird mit einer trockenen Mauerung von unbrauchbarem Gestein, das

mit gewonnen worden ist, ganz oder bis zu einer gewissen Höhe (jedoch nur bei mächtigeren Flötzen) untermauert, worauf dieß Hangende bis auf diese Mauern nachsinkt.

c) Pfeilerbau. — Man unterscheidet mehrere Arten des Verfahrens bei dem Pfeilerbaue, die wir hier in Kürze deutlich zu machen suchen werden: 1) Pfeilerbau mit langen Pfeilern. Die Ausrichtung der Flötze geschieht entweder durch Schächte, Stollen oder Querschläge, die jedoch das zum Abbau vorzurichtende Feld immer in dem tiefsten Punkte treffen, welches der Förderung wegen nothwendig ist. Geschieht die Ausrichtung durch Schächte, so werden dieselben am besten seitwärts der Grundstücke in das Hangende der Flötze gesetzt. Stollen oder Querschläge müssen das Flötz meistens querschlägig im Liegenden oder Hangenden treffen, von wo aus die Vorrichtung gemacht wird. Diese besteht in der Treibung der Grund-Mittel- und Abbaustrecken, so wie der Bremsberge, der schwebenden Strecken und Diagonalen, welche dazu dienen, aus den Abbaustrecken in die Grund- oder Mittelstrecken zu gelangen. Die Grundstrecke wird in dem Niveau, in welchem die Ausrichtung erfolgt, getrieben; Mittelstrecken werden im Niveau einer höher liegenden Sohle, indessen unmittelbar aus einem Schachte, wodurch die Pfeilerhöhe getheilt wird, getrieben, Abbaustrecken endlich unmittelbar aus den schwebenden oder Diagonalstrecken. Durch diese Strecken ist nun das Flötz in sogenannte Pfeiler abgetheilt, welche nach und nach abgebaut werden. Das abgebaute Feld wird zuvörderst mit Stempeln unterstützt, die dann so viel als möglich zuletzt wieder weggenommen werden. Die Gewinnung der Pfeiler ist die eigentliche Kohlengewinnungsarbeit (Pfeilerabbau). Befinden sich mehrere Flötze auf einer Grube, die in gemeinschaftlichen Abbau genommen werden sollen, so beginnt derselbe

auf dem obersten hangenden Flötze, und nachdem derselbe längere Zeit im Betriebe gewesen ist, so kann derjenige Theil des liegenden Flötzes angegriffen werden, über welchem das Hangende bereits abgebaut worden, weil sonst leicht Brüche entstehen können. Bei Abbau eines Pfeilers verfährt man folgendermassen: Nachdem die Abbaustrecke soweit in das Feld getrieben, wie solches geschehen soll, so wird aus demselben mit einem Stoße schwebend in die Höhe gegangen, dann, je nachdem der Pfeiler, ganz oder nur auf einer Seite geschrämmt, dann geschlitzt und der Pfeiler weggenommen. 2) Pfeilerbau mit kurzen Pfeilern. Man unterscheidet dabei mehrere verschiedene Fälle. a) Man treibt Abbaustrecken parallel mit dem Striche des Flötzes, wodurch lange Pfeiler entstehen, die dann wieder durch schwebende Strecken in kurze getheilt und ausgebaut werden. b) Man fährt auf einem schwachfallenden Flötze mit einer streichenden Grundfläche auf, und treibt von derselben mehrere, einander parallele Diagonalen, welche wiederum in rechten Winkeln von Abbaustrecken durchschnitten werden, die das Feld in lauter kurze Pfeiler theilen. Zuweilen läßt man einen Theil solcher kurzer Pfeiler zur Sicherung der Förste stehen.

d) Etagenbau. — Selten sind die Braunkohlenflötze in ihrer Zusammensetzung gleichartig; in einem und demselben Lager trifft man neben der gemeinen die erdige zerreibliche Braunkohle an, ja letztere bildet sehr häufig die überwiegende Masse. Lager von den besseren bituminösen Holzbraunkohlen treten zerstreut bald in der gemeinen, bald in der erdigen Braunkohle auf. Unter allen Arten, welche man so häufig vereinigt in einem Flötze vorfindet, tritt die Pechkohle am seltensten hervor und zeigt sich, wo sie ja getroffen wird, fast immer nur in dünnen Streifen, während manche Braun-

kohlenflötze in ihrer Mächtigkeit über 100 Fuß steigen. Da nun diese einen reinen Abbau auf keine Weise zulassen, so geben die einzelnen schlechten, mit den guten Lagen gemischten Schichten ein geeignetes Mittel für die Zulassung einer guten, regelmäßigen, vor Feuersgefahr möglichst sichernden Abbaumethode her, welche der Bergmann mit dem Namen Etagenbau belegt. Ist nämlich ein Stück aufgeschlossenes Kohlenfeld auf einem sehr mächtigen Flötze zum Abbaue bestimmt, so theilt man dasselbe zuerst in geeignete Pfeiler ab. Am besten geschieht dieß dadurch, daß man von einem Stollen oder Schachte aus zwei Parallelörter dergestalt von einander treibt, daß sie zwischen sich einen Kohlenpfeiler von 10 Lachtern behalten. Auf der vom Ausförderungspunkte entferntesten Grenze dieser beiden Oerter, welche in den meisten Fällen durch Unbauwürdigkeit der Kohlen bestimmt wird, schlagen die Arbeiter zuerst eine Strecke rechtwinklig mit den beiden Oertern durch und stellen so die endliche vollkommene Vorrichtung zum Abbaue her, worauf sie zu diesem selbst schreiten. Beim Angriff desselben werden für jedes Lachter Breite des ganzen Abbaupfeilers ein Häuer, für 10 Lachter also 10 Häuer angestellt. Indem dieselben der Abbaugrenze den Rücken, dem Ausförderungspunkte aber das Gesicht zuwenden, treiben sie parallel mit den beiden Längenörtern, gewöhnlich eine Lachter weite Strecken, die, indem sie dicht aneinander schließen, aufhören, eine solche Bezeichnung zu verdienen, und in ihrem Zusammenhange betrachtet, vollkommene Aehnlichkeit mit einem regelmäßig verzimmerten Abbau haben, dessen Höhe 7 Fuß beträgt. So wie die Oerter begonnen werden, setzt der Kohlenhäuer vor jedes derselben ein Paar durch eine Kappe verbundene Thürstöcke. — Die Grundsohlen machen sich selten nothwendig; dagegen müssen die Försten, seltener die Thürstöcke

gegen einander mit Schwarten abgetrieben werden. Ist die Kohle auf 4 Fuß Erstreckung herausgeschlagen, so wird ein neues Paar Thürstöcke gesetzt und auf dieses die Schwarten (Pfäle) von den vorigen aus abgetrieben. Die in dem Flötze vorkommenden Thonlagen, erdige Braunkohle und unreines Grubenklein, aus dem zuvor die künstlichen Stücken ausgerecht wurden, versetzt nunmehr der Häuer hinter sich und stampft sie mittelst einer Kratze oder einem Stampfe fest bis zur Förste ein. Auf diese Weise entsteht durch den ganzen Abbau, ein 5 Fuß breiter ortartiger Raum, der die beiden Parallelörter rechtwinklig verbindet und welcher von dem Ende der Bergversetzung bis zum angehauenen Kohlenstoße reicht. Alles verzimmerte Holz bleibt vorerst, ohne einen Versuch mit dessen Wiedergewinnung zu machen, im Abbau stehen, doch muß die Kohlenkleinversetzung um die Stempel herum auf das Vollkommenste in Ausführung gebracht werden, damit sich keine hohlen Räume bilden, die der Zersetzung von Kiesen und damit verbundener starken Wärmeentwickelung nur allzu günstig sind. In allen viel erdige Kohle enthaltenden Flötzen kommt bei dieser Abbaumethode so viel Kohlenmulm und Kohlenklein in den Abbauräumen vor, daß es zur dichten Versetzung des entstandenen Aushiebs gerade hinreicht. Treten jedoch Pfeiler von ganz guten Kohlen ein, die wenig untaugliche bei sich führen, so muß man zugleich solche in der Nähe gelegene Kohlenpfeiler in Angriff nehmen, welche auch schlechtes für die Versetzung beider Arbeiten ausreichendes Material abgeben. Sind aber überall zu viel schlechte Kohlen in Abbau begriffen, also mehr Bergversatz vorräthig, als nothwendig, so bleibt nichts übrig, als sie so, wie die guten Kohlen, zu Tage zu fördern. Die Fördergefäße läuft das Förderpersonal durch die beiden Parallelstrecken in die Abbaue, wodurch die Häuer

immerwährend von der gehauenen guten Kohle und deren Anhäufung befreit werden. Die beiden Längsstrecken verfüllt man zugleich mit den Abbauen, sobald letztere ein Stück vorgerückt sind. Ist diesem nach der Abbau bis zu einer gewissen angenommenen Grenze — in der Regel bis zum Ausförderungspunkte — vorgeschritten, so erscheint der abgebaute Raum wieder als ein fester, aus Kohlenklein, Bergen und mulmiger Braunkohle gebildeter Pfeiler.

Soll nach einem solchen vollendeten Abbau die nächsthöhere Etage in Angriff genommen werden, so häuen die Kohlenhäuer mit gleichmäßigem, die Förderung nicht behinderndem Ansteigen die beiden Parallelämter so auf, daß eine neue Ortshöhe erlangt wird; hierauf durchfährt man an der Abbaugrenze den Pfeiler wieder mit einem rechtwinkligen Orte und fängt auf vorher beschriebene Weise den zweiten Abbau an, dessen Sohle früher die Förste des ersteren war. Hierdurch werden die Stirnen der Thürstöcke, die Kappen und die Schwarten entblößt und die letzteren ohne Hinderniß wieder gewonnen. Schwerer lassen sich die Thürstöcke aus der dichten Verstampfung herausziehen; allein auch dieß geht mit nicht zu großen Schwierigkeiten, wenn um den Stempel eine in zwei Enden auslaufende Kette geschlungen, letztere an dem Zuge einer Wagenwinde befestigt und diese in Bewegung gesetzt wird. Auf diese Weise bringt man die Mehrzahl der Verzimmerungsstücke wieder heraus und verschafft dadurch dem Bergwerke eine beträchtliche Ersparniß. Wohl dürfte Mancher glauben, daß bei dem Angriffe der zweiten Etage das Kohlenklein und sonstige Versetzungsmasse sich noch nicht so verdichtet haben könne, um neue Zimmerung ohne Einschiebung derselben in den Versatz zu tragen; allein jenes ist wirklich der Fall, und man hat auch hier nur in den seltensten Fällen

Grundsohlen zu legen. Das Nähere über Braunkohlengewinnung findet man in Hartmann's „Handwörterbuch der min. Berg- und Hüttenkunde."

Die Braunkohlen sind frisch gefördert von Grubenwasser durchdrungen, welches vor der Verwendung durch Trocknen an der Luft bis zu einem von der Porosität abhängenden Grade verdunstet. Renisch fand im Lignit der bayerischen Oberpfalz 43, in der erdigen Braunkohle von da 30 Proc. Wasser. In der Regel möchte der Feuchtigkeitsgehalt der frischen Kohlen größer sein. Varrentrapp wenigstens fand in frisch geförderten Kohlen von Helmstädt und Schöningen in beiden 48 Proc. Wasser. Sie zogen, vollkommen getrocknet, (wobei starke Volumverminderung stattfand) 8 Proc. an. Längere Zeit geförderte, trocken aufgespeicherte Kohlen enthielten 29, der Sommerluft ausgesetzt 20 und im warmen Zimmer nach 4 Wochen 8 Proc. Wasser. Fast immer führen die Braunkohlen Schwefelkies und manche derselben in solcher Menge und so fein zertheiltem Zustande, daß beim Oeffnen der Gruben, durch den Zutritt der Luft, eine lebhafte Oxydation eintritt, welche oft den Brand ganzer Lager veranlaßt. Wegen dieses Schwefelgehaltes ist die Braunkohle zur Eisenbereitung meist untauglich, dagegen anwendbar zu Stubenfeuern, Kesselfeuern, zu Kalk- und anderen Brennöfen.

Nach den Analysen von Regnault und Kühnert nähert sich die Zusammensetzung der Braunkohle in dem Maaße der des Holzes, als dies mit ihrem äußeren Ansehen der Fall ist. Abgesehen von der Asche sind die Braunkohlen neben den Elementen des Holzes mit einer geringen Menge Stickstoff (0,5 bis 1,5 Proc.) behaftet, welche bei den folgenden Analysen im Einzelnen nicht bestimmt wurde.

Es gaben 100 Theile

Braunkohle	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerst. Stickstoff.	Beobachter.
Erdige; von Dax	70,49	5,59	18,93	Regnault
„ „ Bouches du Rhône	63,88	4,58	18,11	Regnault
„ „ Nieder-Alpen.	70,02	5,20	21,77	Regnault
„ stänglige vom Meißner	70,12	3,19	7,59	Kühnert
„ Pechkohle	56,60	4,75	27,15	Kühnert
„ „ v. Ringkuhl,	60,83	4,36	24,64	Kühnert
„ „ vom Habichtswald	57,26	4,52	26,10	Kühnert
„ Glanzkohle v. Ringkuhl	66,11	4,82	18,51	Kühnert
„ Pechkohlenartig, Habichtswald	54,18	4,20	20,98	Kühnert
„ Unterste Schicht von Ringkuhl	52,98	4,09	21,91	Kühnert
„ Mittlere „	54,96	4,01	22,31	Kühnert
„ Stillberger	50,78	4,62	21,38	Kühnert
„ Helmstädt, Grube Prinz Wilhelm	68,57	4,85	19,87	Varrentrapp
„ „ andere Grube	67,88	6,85	17,46	Varrentrapp

Braunkohle	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerst. Stickstoff.	Beobachter.
" Schöningen,	63,71	5,07	22,79	Varrentrapp.
" " andere Grube	64,80	4,54	23,12	
Lignite; von Ringkuhl	51,70	5,25	30,37	Kühnert.
" " Griechenland	61,20	5,00	24,78	Regnault
" " Köln	63,29	4,98	26,24	
" " Usnach	56,04	5,70	36,07	
" " Laubach	57,28	6,03	36,10	Liebig.

Die schwarze Pechkohle, welche den Steinkohlen am ähnlichsten ist, enthält in 100 Theilen 56 bis 75 Kohlenstoff, 4 bis 5 Wasserstoff und 17 bis 27 Sauerstoff. Bei der holzartigen Braunkohle fällt der Kohlenstoffgehalt herunter bis auf 50 Proc., während der Wasserstoff 4 bis 5 und der Sauerstoff 21 bis 30 Proc. beträgt. Nie aber steigt der Kohlenstoffgehalt in den Braunkohlen über 75 Procent, während er in der Steinkohle oft 90 übersteigt und im ältesten Anthracit 99 erreicht.

Der Gehalt der Braunkohlen an Asche ist ebenfalls großem Wechsel unterworfen, was durch die aus dem Grubenwasser infiltrirten Salze und eingedrungenen erdigen Theile verursacht wird, wie man aus dem Folgenden sieht:

	Art der Kohlen.	Aschengehalt.	Beobachter.
	Lignit von Außig	5,35proc.	
Böhmische.	„ „ „	5,51	
Böhmische.	„ „ Hagendorf	6,93	
Böhmische.	„ „ Neundorf	5,13	Balling.
Böhmische.	„ „ Coulang	1,50	
Böhmische.	Erdig „ Grünglas	6,66	
Bair. Ob.-Pfalz.	Erdig von Vorau	10,00	Renisch.
Bair. Ob.-Pfalz.	Lignit „ „	3,40	
	Lignit von Griechenland	9,02	
	„ „ Usnach	2,19	
	„ „ Köln	5,49	Regnault.
	Erdige „ Dar	4,99	
	Erdig von Bouches du Rhône	13,43	
	„ „ Nieder-Alpen	3,01	
Cassel.	„ Stangenkohle (Meißner.)	15,47	
Cassel.	„ Pechkohle (Meißner.)	2,43	
Cassel.	„ Hirschberg	0,81	
Cassel.	Glanzkohle von „ (Ringkuhl.)	2,76	
Cassel.	Mittlere K. „ (Ringkuhl.)	3,20	
Cassel.	Untere K. „ (Ringkuhl.)	4,92	
Cassel.	Pechkohle v. Habichtswalde	1,33	
	Stillberger Kohle (Sühnwald)	3,33	
	Lignit von Hirschberg	6,95	

	Art der Kohlen.	Aschengehalt.	Beobachter.
	Lignit von Island	1,29	Kühnert.
Linkes Rheinufer bei Düren.	" " (andere Grube)	8,8	
	" " Uttweiler	27,5	Karsten.
	" " Grube Urwald.	0,9	
	" " " "	4,6	
	" " Friesdorf	27,05	
	" " "	1,69	
	" " Putzchen	14,9	
Rechtes Rheinufer bei Bonn.	" " "	4,4	
	" " Stößchen	17,4	
	" " "	14,4	
	" " Orsberg	28,2	
	" " "	43,2	
	Kohle von Schöningen Braunschweig	58,0	
	" " Helmstädt Braunschweig	7,8	Varrentrapp
	Schieferkohle von Atzberg	8,4	
	" " Aga, Reuß	4,5	Reinsch
		6,0	

Reinsch fand in der Asche des Verauer Lignites: 3,6 Gyps, 1,9 unterschwefelsaures Kali, 25,4 unterschwefligsauren Kalk, 50 Eisenvitriol, 20 Sand. Die Asche der erdigen Kohle gab Gyps 3, unterschwefligsauren Kalk 7, Eisenvitriol 57, Sand 33. — Braunkohlen, wie die von Orsberg, welche zur Hälfte mineralische Bestandtheile sind, treten aus der Reihe der

Brennstoffe gänzlich heraus und finden bei der Alaunbereitung Anwendung.

Das spezifische Gewicht der lufttrockenen Braunkohlen schwankt nur zwischen engen Grenzen, bei den von Regnault untersuchten Arten von 1,100 bis 1,85 für Lignite und von 1,254 bis 1,276 für die erdigen Kohlen. Kühnert fand die letzteren von 1,310 bis 1,436 abweichen, die Lignite aber zu 1,279. — Es würde demnach 1 C. F. Braunkohle 34—35 Pfd. wiegen, wenn sich aus diesen im Kleinen angestellten Wägungen bei der ungleichförmigen Beschaffenheit des Materials mit Sicherheit ins Große schließen ließe.

Die Benutzung der Braunkohlen als Brennmaterial ist im Allgemeinen noch lange nicht so groß, als sie sein sollte. Inzwischen wächst ihre Anwendung mit jedem Tag, je mehr die Holznoth oder die Vertheuerung von Holz und Steinkohlen nöthigt, Vorurtheile fahren zu lassen und das Beispiel anderer Gegenden, wo man seit langer Zeit nur Braunkohlen brannte, und sie mit keinem andern Brennmaterial vertauschen möchte, zur Nachahmung fortzieht. Für Heizung großer Räume, für Casernen, für Salinen, Zucker- und Porzellanfabriken, Ziegelbrennereien, Brauereien, Seifensiedereien ꝛc. sind sie ausgezeichnet und oft besser als Holz; doch müssen die Oefen gut ziehen, auch die Roststäbe enger, als bei der Steinkohle gelegt seyn, damit das öfters in kleine Stücke zerspringende Brennmaterial nicht unverbrannt durch dieselben fällt. Braunkohlen geben zwar meist eine weniger starke Hitze als gute Steinkohlen, viel größere aber als Holz, halten auch viel länger nach als dieses und verbreiten eine gleichmäßigere Wärme. Vor allen andern Sorten eignen sich die bituminösen Holzbraunkohlen vortrefflich zur Heerd- und Stubenfeuerung, und im Mittel vielfältiger Beobachtungen und Erfahrungen

nimmt man an, daß 16 Centner gute, ganz trockne bituminöse Holzbraunkohle eine Klafter von vierschuhigem weichen Scheitholz (144 Kubikfuß), und 24 Centner eine Klafter hartes (buchenes oder eichenes) Scheitholz vollkommen ersetzen. Im Eisenhüttenwesen ist der Gebrauch der Braunkohle bei weitem nicht so allgemein, als er zu sein verdient. Für den Flammofenbetrieb ist ein besseres Brennmaterial nicht zu finden und die vorzügliche Brauchbarkeit dafür außer Zweifel gestellt. — Scharfes Dörren erhöht die Hitzkraft der Braunkohlen außerordentlich. Im ganz trockenen Zustande brennen sie wie Holz, das in Oel gesotten worden ist, fast wie Kaboläin (s. d.), mit einer langen, lichten, wenig (weit weniger als Steinkohlen) rußenden Flamme, schwellen und blättern sich auf, und geben eine viel stärkere, stechendere, auch viel länger anhaltende Hitze, als das beste Buchenholz. Sie hinterlassen wenig, und die besten Sorten eben nicht mehr Asche, als Holz. Die Asche ist leicht, oft schneeweiß, oft roth, gelblich oder röthlich gefärbt. Diese bituminöse Holzbraunkohle entzündet sich sehr leicht und kann selbst in jedem guten Zug habenden Holzofen ohne Rost gebrannt werden. Sie giebt vergleichsweise wenig und keinen unangenehmen, meist einen säuerlichen, oft einen etwas aromatischen Geruch. — Für Lokomotiven-Feuerung ist solche Kohle ganz vortrefflich, und ebenso, wie schon erwähnt, für alle Flammfeuer in technischer, besonders aber in der mineralischen und metallurgischen Industrie. — Die wenig vorkommende eigentliche Pechkohle steht an Brauchbarkeit der besten Steinkohle gleich. — Die magere Holzbraunkohle, welche meist mit erdiger oder mulmiger Holzbraunkohle vermengt vorkommt, ist schon ein weit weniger guter Brennstoff, giebt weniger Hitze, flammt viel weniger, hinterläßt auch eine weit größere Menge meist farbiger Asche. Zur Dampfmaschinen-Feuerung

und in metallurgischen Gewerben sind diese geringen Braunkohlen-Sorten unbrauchbar. Auch von den sogenannten Erd-, Blätter- oder Schieferkohlen (die bei geringer Heizkraft große Aschenrückstände hinterlassen) beschränkt sich die Anwendung auf Stubenfeuerung als Ersatzmittel des Holzes, nicht aus Wahl, sondern aus Nothwendigkeit. Man brennt alle diese schlechten Braunkohlen-Sorten auf dem Rost mit sehr starkem Luftzug, den sie zugleich zur Vertreibung ihres sehr widrigen Geruchs nothwendig bedürfen. — Nachfolgende Tabelle zeigt das Werthverhältniß dieses fossilen Brennstoffs (bei bester Qualität desselben), zu den verschiedenen Arten von Brennholz.

Centner-Zahl

der besten trockenen bituminösen Holzbraunkohle (die 54% Kohlenstoff, 23% Sauerstoff, 14% Wasserstoff und 2% Asche hält), welche eine Klafter Scheitholz von 6′ ins □ und folgender verschiedener Scheitlänge ersetzt.

Holzarten.	ersetzt durch	Scheitlänge. 3′	3½′	4′
		Ctr.	Ctr.	Ctr.
Buchen		18	21	24
— geflößtes		15¾	13½	21
Birken		17	20	23
Eichen		17¼	20	23
Kiefern		16½	19	22
Fichten und Tannen		13½	15	18
— geflößtes		11¼	13	15
Erlen		15	17½	20
Weiden		11¼	13	15

Mittelst dieser Tabelle kann man den wahren Werth der bituminösen Holzbraunkohle als Brennstoff zu den laufenden Holzpreisen überall leicht ermitteln und die Frage beantworten, ob der Gebrauch des einen oder andern Brennstoffs ökonomische Vortheile biete oder nicht. Zugleich gewähren die Braunkohlen manche Bequemlichkeit, die man bei der Holzfeuerung nicht hat. Man braucht weit weniger Raum zu ihrer Aufbewahrung, kann sie in kleinen Quantitäten sich da, wo Magazine sind, nach Bedarf ankaufen, hat in hochgelegenen Räumen ein weit geringeres Gewicht zu transportiren, und bei dem Gebrauch selbst kann leichter Reinlichkeit bewahrt werden, als beim Holzbrande.

IV. Kapitel.

Steinkohle.

Zu den Steinkohlen werden hier mit Ausschluß des Anthracits nur die schwarzen Kohlen der Kohlenformation gerechnet. Bei allen Steinkohlen ohne Ausnahme ist die Struktur des Holzes, woraus sie entstanden sind, gänzlich untergegangen; nur spärliche Ueberreste von Abdrücken einzelner Pflanzentheile lassen auf den Ursprung schließen. Sie bilden eine compakte, tief dunkelbraune oder ganz schwarze Masse, zuweilen matt, meist von Fett- oder Glasglanz, oft farbenspielend, von höchst feinkörnigem nicht faserigem Bruch, bei gleichem Umfange viel schwerer als Holz, welche in ihrem Gefüge

mehr oder weniger geschichtet und fast immer senkrecht auf die Ebene des Flötzes in einer Weise zerklüftet erscheint, wie man sie beim Eintrocknen teigartiger Substanzen beobachtet. Solche Zerklüftungen sind zuweilen feiner und treten erst beim Zerschlagen der Kohlen hervor, finden sich aber auch nicht selten offen stehend und mit mineralischen Substanzen, wie Schwefelkies, Kalkspath, Bleiglanz, Dolomit, Schwerspath, Gyps, Thon und Natronsalzen ausgefüllt. Der Bruch ist bei den glänzenden Kohlen muschlig, sonst eben. — Die Steinkohlen werden im Allgemeinen auch Schwarzkohlen genannt und sind nächst dem Holz das wichtigste aller Brennmateriale. Sie bieten eine außerordentliche Verschiedenheit in Ansehen und Verhalten dar, und die Arten derselben haben an den Orten, wo sie vorkommen, die verschiedensten Benennungen erhalten, welche hier anzuführen um so unnöthiger ist, als alle Steinkohlensorten sich nach ihrem Verhalten in der Hitze in drei Gruppen bringen lassen, welche in den Gewerben durch die Namen der Backkohlen, Sandkohlen und Sinterkohlen unterschieden werden.

Die Backkohlen, d. h. solche, welche beim Verbrennen zusammenbacken, schmelzen und sich aufblähen, haben gewöhnlich einen glänzenden Bruch, schwarze Farbe, sind zerreiblich und leicht, reich an Bitumen, geben deshalb, wenn sie verbrannt werden, einen unangenehmen Geruch und hinterlassen eine geringe Menge Asche. Die Backkohlen sind die an Wasserstoff reicheren Steinkohlen. Sie brennen daher mit starker, weißer Flamme und werden vorzugsweise zur Gasbereitung gebraucht, weshalb eine Sorte derselben den Namen Candle-Coal (Lichtkohle) erhalten hat. Für Rostfeuer sind sie häufig wegen des Zusammenbackens nicht anwendbar. Dagegen eignen sie sich vorzüglich zu Schmiedefeuern, daher sie auch besonders

Schmiedekohlen genannt werden. Der dichte pariser Kubikfuß dieser Kohlen wiegt 92 bis 94 Pfund.

Die Sandkohlen entzünden sich schwer, verändern beim Verbrennen ihr Volumen nur in sofern, als sie gewöhnlich schwinden oder kleiner werden. Sie sind noch härter, als die vorigen, von glänzendem Bruche und minder dunkler Farbe.

Die Sinterkohlen haben einen weniger glänzenden Bruch, sind härter und verbrennen weniger schnell, als die Backkohlen. Sie sind weniger bituminös und blähen sich beim Verbrennen nicht auf. Der dichte pariser Kubikfuß wiegt 98—100 Pfund. Die Sand- und Sinterkohlen sind die kohlenstoffreicheren Arten. Ihre Flamme ist weniger stark und lebhaft und von bläulicher Farbe, wozu auch der größere Gehalt an Schwefel beiträgt, den sie namentlich durch eingemengte Braunkohle häufig führen. Diese Kohlenarten eignen sich mehr zum Brennen von Kalk, Ziegeln, Töpferwaaren, und für Stuben- und Kesselfeuerung.

Die Hauptsteinkohlen-Formation tritt auf der Grenze der Uebergangs- und Flötzgebirge auf und hat hier folgende, meist sehr constante Zusammensetzung. In der untern Bildung, die zunächst der Grauwacke und dem Bergkalke folgt, herrscht ein wenig fester Thonschiefer, fast stets übergehend in Alaun-, Dach-, Kieselschiefer, Schieferthon und Jaspis, wechsellagernd mit mehr oder weniger dunkeln, dichten, bituminösen, in schwache Schichten getheilten Kalkstein, seltner mit kleinen Steinkohlenflötzen. In der mittlern Bildung herrscht Kohlensandstein mit thonigem Cemente, meist weicher als Grauwacke, härter aber als der die Kohlen begleitende Sandstein, stets wechselnd mit Schieferthon. In der obern Bildung wechsellagert der meist weiche Kohlensandstein häufig mit Schiefer-

thon und Steinkohlenflötzen; erstere geht in Kohlen- und Brandschiefer, in magern Thon und Sandstein über.

In diesem Gebirge kommen die Steinkohlen fast stets in mehreren übereinander liegenden Schichten oder Flötzen vor, deren Anzahl von 2 bis 60, ja selbst bis 120 (Mons) beträgt. Die Mächtigkeit wächst ziemlich regelmäßig mit der Tiefe und variirt von $\frac{2}{3}$ Linien bis auf mehrere Fuße, so daß man stets genöthigt ist, obgleich die Kohlen eigentlich oft zu Tage gehen, bis in beträchtliche Tiefen zu bauen. In Newcastle up T. z. B. ist die Schicht erst in 400 Fuß Tiefe hinreichend mächtig, aber auch dergestalt von einem massiven Sandstein überlagert, daß alle Holzconstruktionen für jenen Bergbau überflüssig sind. Bei Gittersee im Plauenschen Grunde fand man 7 Bänke, zwischen welchen 6 Lettenschichten von geringer Mächtigkeit zwischenlagern.

Die aufgeführten Gesteinschichten bilden ohne Unterschied das Dach und die Sohle der Steinkohle; jedoch bestehen beide gewöhnlich aus Schieferthon. Die Gesteine der Formation sind überall geschichtet, bilden stets größere oder kleinere Mulden und Sättel, erscheinen auch zickzackförmig, werden öfters durch Spalten verschoben und von Basalt- und Doloritgängen durchsetzt.

Außer dieser Haupt- oder eigentlichen Steinkohlenformation findet man auch untergeordnete Steinkohlenlager im Gebiete der Liasformation, z. B. bei Helmstedt, Bückeburg, Höganäs in Schonen, und eine, jedoch meist sehr schlechte Kohle (Lettenkohle) im Muschelkalk und Keuper. Als einen häufigen Begleiter der gewöhnlichen Steinkohlen, wie sie in Zimmeröfen und unter Kesseln gebrannt werden, beobachtet man immer in geringer Menge, zuweilen bald als besondere sehr dünne, der Flötzebene parallele Schichten, sehr häufig

aber auch innig in die Masse des Ganges verwebt, hier und da partieenweise vortretend eine Kohle, die sich schon auf den ersten Anblick durch Farbe und Gefüge, mehr noch durch die große Schwierigkeit, mit welcher sie verbrennt, von der Grundmasse auszeichnet. Diese sogenannte Faserkohle ist reicher an Kohlenstoff und nichts Anderes, als in der Vermoderung weiter gediehene Theile einer weniger vermoderten Grundmasse.

Die Gewinnung oder der Abbau der Steinkohlen ist bergmännisch. Man unterscheidet hauptsächlich zwei Methoden des Abbaues auf Steinkohlen, nämlich den Pfeilerbau und den Strebebau, welche aber schon in dem Kapitel „Braunkohle", hinlänglich beschrieben wurden.

Die Länder, in denen die meisten Steinkohlen vorkommen, sind England, die Niederlande, Frankreich. In Frankreich sind jetzt 240 Steinkohlen-Bergwerke im Betriebe, die jährlich 12 Millionen metrische Centner Steinkohlen-Ausbeute geben. Die Produktion der Steinkohlen-Bergwerke Großbritanniens beträgt an 4 Mill. Ctr. jährlich. In Deutschland kommen die Steinkohlen hauptsächlich vor in der Grafschaft Mark, am rechten Rheinufer, am linken Rheinufer bei Aachen; an der Saale bei Wettin und Löbejün; in Sachsen bei Dresden und Zwickau; in Böhmen; in Schlesien (Ober- und Unterschlesien); am Thüringer Walde ꝛc.

Frisch geförderte Kohlen verlieren an der Luft ihre Grubenfeuchtigkeit, ohne dabei vollkommen alles Wasser abzugeben, indem sie nach Maßgabe ihrer Beschaffenheit 1 bis 12% davon zurückhalten; denn selbst künstlich getrocknete Kohle setzt sich mit der Luft durch Wasseranziehen hygroskopisch ins Gleichgewicht.

Die Analysen der Steinkohlen zeigen, daß alle Stein-

kohlenarten in 100 Theilen mehr Kohlenstoff enthalten, als das Holz, und der Betrag desselben wechselt zwischen 76 bis 87,9 Procent, weshalb der Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff geringer ausfallen muß, als bei dem Holze. Der Wasserstoffgehalt bleibt sich bei allen Steinkohlenarten ziemlich gleich und beträgt 4 bis 5 Procent, während der Sauerstoff von 3 bis 16 Procent veränderlich ist, jedoch stets bedeutend weniger ausmacht, als zur Verbrennung des Wasserstoffs erforderlich seyn würde. Außerdem enthalten die Steinkohlen eine kleine, nicht genau bestimmbare Menge von Stickstoff, welche die Höhe von 1,5 höchstens 2 Procent derselben erreichen kann. Die neueren chemischen Untersuchungen von Regnault und Richardson, so wie die älteren von Karsten mögen hier eine Stelle finden.

Bezeichnung der Kohlen.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst. Stickstoff.	Beobachter.
Wylam Banks, Newcastle	74,823	6,180	5,085	Thomas Richardson.
Glasgow coalfield	82,924	6,491	10,457	
Wigan, Lancashire	83,753	5,660	8,039	
Parrotcoal, Edinburgh	67,597	5,405	12,432	
Jarrow, Newcastle	84,846	5,048	8,430	
Hauptkohle von Glasgow	81,208	5,452	11,923	
Garesfield, Newcastle, tiefe Bank	87,952	5,239	5,416	
South Hetton, Durham	83,274	5,171	3,036	
Kohlengebirge. Alais, Dep. du Gard	89,27	4,85	4,47	Regnault.
Kohlengebirge. Corbeyre, Rive d. Gier	87,85	4,90	4,29	
Kohlengebirge. Rive d. G., Grand croix, marechal	87,45	5,14	5,63	
Kohlengebirge. " " " raffaud	87,79	4,86	5,91	

	Bezeichnung der Kohlen.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst. Stickstoff.	Beobachter.
Kohlengebirge.	Flenû von Mons 1.	84,67	5,29	7,94	Regnault.
	" " " 2.	83,87	5,42	7,03	
	Riv. d. G., Cimetière, bourrue	82,04	5,27	9,12	
	" " batarde	84,83	5,61	6,57	
	" Cauzon "	82,58	5,59	9,11	
	" " gr. masse	81,71	4,99	7,98	
	Decazeville, Dep. Aveyron, Lavaysse	82,12	5,27	7,48	
	Epinac	87,12	5,10	11,25	
	Commentry, Dep. l'Allier	83,72	5,29	11,75	
	Blanzy	76,48	5,23	16,01	
Secundäre Form.	Anthracitartig, Lamure, Dep. de l'Isère	89,77	1,67	3,99	
	ebenso von Macot	71,49	0,92	1,12	
	Obernkirchen, Lippe-Schaumburg	89,50	4,83	4,67	

Secundäre Formen.	Céral, Dep. Aveyron	75,38	4,75	9,02	Regnault.
	Neroi	63,28	4,35	13,17	
	Saint-Girons	72,94	5,45	17,53	
	Saint-Colombe	75,41	5,59	17,91	
Leopoldinergrube, Oberschlesien		73,88	2,765	2,475	Karsten.
Königsgrube, von da		78,39	2,21	17,77	
Wellesweiler, Saarbrücken		88,68	3,21	14,47	
Sälzer und Neuack, Westphalen		89,18	3,21	8,11	
Eschweiler		81,32	0,44	2,94	
Hundsnack, Westphalen		96,02	3,207	6,45	

Die Steinkohlen enthalten um so viel weniger Kohlenstoff, je jünger sie sind, je mehr sie sich den Braunkohlen nähern. Mit wachsendem Kohlenstoffgehalt wird die Farbe aus dem Braunen dunkler bis ins tief Schwarze, der Glanz hebt sich allmählich, aus dem Pech- in Glasglanz übergehend. Umgekehrt sind die Kohlen mit geringem Kohlenstoffgehalt von größerer Festigkeit, als die mit hohem. Das Verhältniß vom Wasser- zum Sauerstoff bestimmt die Härte (Ritzbarkeit), welche mit dem letztern zunimmt.

Der Aschengehalt ist durchschnittlich geringer als bei Braunkohle und Torf, aber schon wegen der Spaltfüllungen größer als beim Holz und unterscheidet sich durch den Mangel an Alkalien, indem nur Thonerde, Kieselerde, Eisenoxyd &c. vorkommen. Findet sich Eisenoxyd, so läßt sich darauf rechnen, daß die Kohle Schwefelkies enthält, welcher ihrer Anwendbarkeit nachtheilig ist. War die Asche reich an Thonerde, so ist anzunehmen, daß der in der Analyse gefundene Wasserstoffgehalt etwas zu hoch ist, da die Thonerde eine kleine Menge Wasser hartnäckig zurückhält und erst beim Glühen verliert. Ueber die verschiedenen Aschengehalte und das specifische Gewicht der Steinkohlen mag folgende Tabelle weitere Auskunft geben; sie ist für 100 Theile Kohle berechnet.

	Bezeichnung der Kohlen.	Spec. Gew.	Asche.	Beobachter.
	Wylam Banks, Newcastle	1,302	13,912	
	Glasgow Coalfield	1,307	1,128	
	Wigan in Lancashire	1,319	2,545	
	Parrot- (Papagei-) Kohle, Edingburgh	1,318	14,566	
	Jarrow, Newcastle	1,266	1,676	
	Hauptmasse der Kohle von Glasgow	1,286	1,421	Richardson.
	Garesfield bei Newcastle, tiefe Bank	1,280	1,393	
	South Hetton, Durham	1,274	2,519	
Kohlengebirge.	Alais, Rochelle	1,322	1,41	
	Rive de Gier (P. Henry)	1,315	2,96	
	Flenû von Mons	1,274	2,10	
	ebendaher	1,292	3,68	
	Cimetière, Rive de Gier	1,288	3,57	
	ebend. ebend.	1,294	2,99	
	Cauzon, ebend.	1,298	2,72	
	ebend. ebend.	1,311	5,32	Regnault.
	Lavaysse	1,284	5,13	
	Epinac	1,353	2,53	
	Commentry	1,319	0,24	
	Blauzy	1,362	2,28	
	Rive de Gier, grand Croix	1,298	1,78	
	ebend. ebend.	1,302	1,44	
Sec. Form	Anthracitartig, Lamure, Dep. de l'Isère	1,362	4,57	
	„ Macot	1,319	26,47	

Secund. Form.	Gewöhnlich, Obernkirchen, Lippe-Schaumb.	1,279	1,00	
	Céral, Dep. Aveyron	1,294	11,86	
	Neroy, Vogesen	1,410	19,20	Regnault.
	St. Girons	1,316	4,08	
	St. Colombe	1,305	0,89	
	Czernitz, Oberschlesien	1,362	5,80	
Gnade Gottes, Niederschlesien		1,285	4,65	
Glückhülf, ebendas.		1,276	0,8	
Sulzbach, Duttweiler, Saarbrücken		1,258	0,15	
Wettin, Saalkreis		1,466	24,4	
Sälzer und Neuack, Westphalen		1,288	0,7	
Pottschappel, Sachsen		1,454	27,7	
Königin Luise, Oberschlesien		1,280	1,2	Karsten.
Königsgrube, ebendas.		1,285	0,6	
Merthweiler, Saarbrücken		1,282	0,9	
Frischauf, Niederschlesien		1,518	23,4	
Hundsnacker, Westphalen		1,338	0,6	
Beata, Oberschlesien		1,383	11,9	
Brasilien		1,483	28,4	
Grobkohle, Pechkohle eingemengt		1,48	20,9	
Schieferkohle, " "		1,24	22,7	
" mit Faserkohle		1,20	26,3	
Anthracitartige Kohle		1,37	22,5	Lampadius.
Schieferkohle mit wenig Faserkohle		1,25	20,2	
Harte Schieferk. mit Pechkohlenlagern		1,42	24,0	
Schieferk. m. vorw. Anthracitlgrn. u. Faserkohle		1,35	23,4	

Dichte und Zusammensetzung verleihen der Steinkohle einen sehr bedeutenden Brennwerth, wie bei der weiter unten folgenden Zusammenstellung mit anderen Brennstoffen gezeigt werden soll. Wegen ihrer großen Dichte erfordern sie jedoch eine sehr hohe Entzündungstemperatur und einen starken Luftzug. Sie bilden beim Verbrennen eine mehr oder weniger starke Flamme, was vornehmlich durch ihren Gehalt an Wasserstoff bedingt wird. Wasserdämpfe, die mit glühenden Steinkohlen in Berührung kommen, vermehren durch ihre Zersetzung die Flamme, weshalb Steinkohlen häufig stark angefeuchtet in das Feuer gebracht werden. Die fette bitumenreiche Kohle brennt in der Regel leicht, mit einer gelblichen, stark riechenden Flamme, schmilzt und bläht sich auf. Die magere Kohle entzündet sich schwerer, flammt nicht oder wenig und verändert ihre Form nicht. Es erhellet hieraus, wie schwer es sey, allgemeine Bestimmungen über Heizkraft der Steinkohlen anzugeben. Nach der Erfahrung sollen 24 Centner gute bitumenreiche Steinkohlen eine Klafter 4fußiges buchenes Scheitholz an Heizkraft ersetzen. Kohlenklein gibt nur etwa $\frac{3}{4}$ der Hitze, welche dieselbe Kohlenart in Stücken liefert. — Das Strahlungsvermögen der brennenden Steinkohlen übertrifft jenes der Holzkohlen. Für Kleinfeuerarbeiter taugen nur solche, die wenig Schwefelkies enthalten. Da fette Kohlen auf dem Feuerheerde zusammenbacken, so müssen sie öfters aufgebrochen werden, um den Luftzug herzustellen; deshalb ist auch eine Vermengung mit magern Kohlen vortheilhaft. Der Umstand, daß die fetten Steinkohlen, wenn man sie im Feuerheerde mit Wasser überspritzt, auf der geschmolzenen Oberfläche eine erstarrte Decke bilden, die den Luftzug abhält und unter welcher die Kohlen ihre Hitze behalten, so daß, wenn diese Decke aufgebrochen

wird, das Feuer sogleich wieder in der vorigen Stärke sich anfacht, dazu dient, um unter Sudkesseln die Hitze plötzlich auf kurze Zeit zu unterbrechen, wie dieses z. B. bei den Kesseln der Zuckerraffinerieen geschieht. Gute Steinkohlen sind zu aller Feuerung tauglich und werden in Gegenden, wo man kein anderes Brennmaterial hat, z. B. in England, längst für alle Zweige der Hauswirthschaft und der Gewerbe angewendet. Zur Stubenfeuerung bedürfen sie des Rostes und eines guten Zuges. Magere, anthracitartige Kohlen werden vor dem Gebrauch mit Wasser angefeuchtet. Im Eisenhüttenwesen spielen Steinkohlen eine große Rolle, und drei Viertel alles Eisens der Erde wird mit Steinkohlen geschmolzen. Bei der trocknen Destillation liefern die Steinkohlen flüchtige Produkte und als Rückstand eine Kohle, welche Coak (s. d. Art.) genannt wird. Dabei verändern einige Steinkohlen ihre Form nur wenig. Für Dampfmaschinen werden die Coaks der fetten Steinkohlen fast allen Brennstoffen vorgezogen.

V. Kapitel.

Anthracit.

Der Anthracit ist der älteste aller fossilen Brennstoffe, er gehört dem Uebergangsgebirge an und kann gleichsam als Endresultat oder als letztes Produkt der Kohlenvermoderung betrachtet werden. Die Anthracite sind durchaus homogen hone Pflanzenabdrücke, schwarz, von lebhaftem Glasglanz,

stark farbenspielend und von muschligem, scharfen Bruch. Das Gefüge ist massig und derb. Er unterscheidet sich von der gewöhnlichen Steinkohle durch seinen Mangel an Bitumen und enthält unter allen Brennstoffen den meisten Kohlenstoff, so daß er gewissermassen natürlicher Coak ist.

Man findet den Anthracit vorzüglich im Grauwacken- und Thonschiefergebirge, wo er bedeutende Lager bildet, die oft, mit Grauwacken- oder Thonschiefer wechsellagernd, eine Mächtigkeit von 12 bis 40 Fuß erreichen. Seltener findet man ihn im Granite (Andreasberg am Harz) oder im Porphyr. In Deutschland kommt Anthracit wenig vor. Man findet ihn am Harz und im sächsischen Gebirge, bei Chemnitz, in Flöha und Glücksberg, häufiger verbreitet ist er in Frankreich in den Depart.- der Oberalpen, Isère, Gard, Mayenne und Sarthe. Auch in Spanien, mehr aber in England und Irland, wird Anthracit gefördert. Die bedeutendsten Anthracitlager trifft man aber in Nordamerika, in Pennsylvanien, Ohio etc., zwischen dem Susquehannah und Delawarestrom, am Schuylkill und Lehigh, in Rhode Island und Massachusets. Die größten Gruben des Schuylkill und Lehigh in Pennsylvanien sind in Pottsville und Mauch-Chunk. Pennsylvanien allein fördert jährlich viele Millionen Centner. Der amerikanische Anthracit ist ausgezeichnet dicht gefügt, von hohem Glanze, im Bruche irisirend.

Der Aschengehalt, Zusammensetzung und specifisches Gewicht einiger untersuchten Arten sind im Folgenden zusammengestellt.

Vorkommen des Anthracit.	Specif. Gewicht.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst. Stickstoff.	Asche.	Beobachter.
Pennsylvanien, Amerika	1,462	90,45	2,43	2,45	4,67	Regnault.
Wales, Gr. b. Swansea	1,348	92,56	2,33	2,53	1,58	
Rolduc, bei Aachen	1,367	91,98	3,92	3,16	0,94	
Mayenne, Stadt u. Dep. Grube Baconnière	1,343	91,45	4,18	2,12	2,25	
Ebenfalls von Swansea	1,270	90,58	3,60	4,10	1,72	Jacquelin.
Sablé, Depart. de la Sarthe	1,750	87,22	2,49	3,39	6,90	
Vizille, Depart. de l'Isère	1,730	94,09	1,85	2,85	1,90	
Isère	1,650	94,00	1,49	0,58	4,00	

Die Asche enthält Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd und nach neueren Beobachtungen auch Chlormetalle, welche beim Verbrennen sich verflüchtigen und die metallenen Kanäle der Feuerung beschädigen.

Da die Anthracite ohne alles Bitumen sind, so entzünden sie sich nur sehr schwer, erfordern folglich, um fortbrennen zu können, einen äußerst starken und beständigen Zug. Deshalb ist auch der Anthracit für Stubenheizung nicht anwendbar. Dagegen ist er für viele Zwecke das beste Brennmaterial, besonders da, wo man eine sehr lange anhaltende und intensive Gluth ohne Flamme bedarf. Für das Ausschmelzen der Eisenerze im Hochofen und für Dampfmaschinenheizung macht man jetzt von Anthracit häufig und mit Vortheil Gebrauch. —

Bei aufmerksamer Betrachtung der Natur der fossilen Brennstoffe kann es nicht entgehen, wie mit der Holzfaser verglichen der Kohlenstoff sich mehr und mehr relativ anhäuft, um endlich Wasser- und Sauerstoff fast gänzlich zu verdrängen. Deutlicher tritt dieser Umstand alsdann hervor, wenn man den Aschengehalt in Abrechnung bringt, wie in folgenden Beispielen.

Benennung der Stoffe.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Holzfaser	52,65	2,25	42,10
Torf von Vulcaire	60,44	5,96	33,60
Lignit von Köln	66,96	5,27	27,76
Erdige Braunkohle von Dax.	74,20	5,89	19,90
Steinkohle von St. Colombe, secund.	76,18	5,64	18,07
„ „ R. d. Gier, Corbeyre, Kohlengeb.	90,50	5,05	4,40
Anthracit, Mayenne, Uebergg.	92,85	3,96	3,19

Der Wahrheit nach sind von allen drei Bestandtheilen gewisse Mengen ausgetreten und hinweggegangen, nur von dem an und für sich überwiegenden Kohlenstoff ist verhältnißmäßig am meisten zurückgeblieben.

Das Verhalten der Brennstoffe in der Hitze ist folgendes: Als Verbindungen organischer Abstammung (organische Verbindungen) sind die beschriebenen Brennstoffe von nicht sehr einfacher Zusammensetzung und setzen daher äußeren Einflüssen, welche sie zu verändern streben, keinen großen Widerstand entgegen, d. h. sie sind leicht zersetzbare Körper. So wie chemische Verbindungen überhaupt nur innerhalb gewisser Temperaturen gelten, deren äußerste Punkte für einfache näher, für complicirte weiter auseinander liegen, so auch hier. Die Brennstoffe sind nicht flüssig; das chemische Gleichgewicht wird bei steigender Temperatur viel früher aufgehoben, als ihre Verdampfung zu Stande kommt. Die vor sich gehende Zersetzung durch Hitze ist nun nichts Anderes, als ein Umsturz der im Holz z. B. vorhandenen Anordnung der Elemente und unmittelbar darauf folgende neue Anordnung zu Verbindungen, welche bei der einwirkenden Temperatur zu bestehen vermögen. Die Natur der auftretenden Produkte hängt demnach lediglich von der letztern ab; sie können bei verschiedenen Zersetzungstemperaturen nicht dieselben seyn, sie müssen der Qualität und noch mehr der Quantität nach von einander abweichen; aber der Erfolg wird wesentlich verschieden ausfallen, je nachdem man der Luft (dem Sauerstoff) während des Vorgangs Zutritt verschafft oder nicht. Im ersten Falle nämlich werden die auftretenden Produkte sogleich von der energischen Verbindungsfähigkeit des Sauerstoffs in Anspruch genommen und gezwungen, ihre Elemente an ihn abzutreten; es tritt als secundärer Prozeß die Ver-

brennung ein. Der andere Fall, wo also die Zersetzung durch Hitze ohne Zutritt und Störung von Seiten der Luft stattfindet, der Fall der trockenen Destillation, wie es die Chemie nennt, bei welchem die Produkte mit Bequemlichkeit gesammelt und studirt werden können, verdient aus dem Grunde hier näher beleuchtet zu werden, weil derselbe strenge genommen an jeder Verbrennung Theil nimmt und zudem noch einer wichtigen technischen Umgestaltung der Brennmaterialien zu Grunde liegt. Es wäre in der That eine von der Wahrheit sehr abweichende Vorstellung, wenn man das Verbrennen des Holzes, der Steinkohlen ꝛc. als ein unmittelbares, direktes Hinzutreten des atmosphärischen Sauerstoffs zu deren Elementen auffassen wollte; im Gegentheil die Hitze des brennenden Theils (z. B. der Oberfläche eines Holzscheites) bewirkt zunächst die trockene Destillation der benachbarten inneren Theile, welche mit der Luft außer aller Berührung sind. Erst wenn diese nach außen gelangt sind, werden sie dem Sauerstoff anheim fallen. Mit einem Worte, es ist eigentlich nicht das Holz, welches wir brennen sehen, sondern die Zersetzungsprodukte, welche die Hitze daraus erzeugt hat (Knapp). Nach ihren allgemeinen Umrissen ist diese Zersetzung durch bloße Hitze in geschlossenen Gefäßen (trockene Destillation) nun folgende. Von dem Augenblick an, wo die Elemente durch die Hitze genöthigt sind, ihren bisherigen Gleichgewichtszustand zu verlassen, wird die Bildung der neuen Produkte durch dreierlei bewirkt: durch die Temperatur, den Grad der chemischen Anziehung der Elemente, noch gehoben durch ihr unmittelbar vorhergegangenes Austreten (den status nascendi) und ihre Flüchtigkeit. Diese ist bei dem Wasser- und Sauerstoff sehr beträchtlich, bei dem Kohlenstoff vollkommen Null; es entsteht also das Streben

jener, sich von diesem loszumachen, als Gase wegzugehen, aber — die chemische Anziehung tritt in den Weg, beide zwingend, zuvor theils unter sich, theils zusammen oder einzeln mit dem Kohlenstoff Verbindungen einzugehen. Unter den möglichen Verbindungen wird natürlich die Wahl auf diejenigen fallen, deren Elemente für die herrschenden Umstände so zu sagen die bequemsten sind, d. h. Anziehung und Temperatur am meisten entsprechen. Wasser- und Sauerstoff vereinigen sich in dem einfachsten, beständigsten Verhältniß zu Wasser; der Ueberfluß an Wasserstoff, der allen Brennstoffen gemein ist, rafft gewissermassen so viel Kohlenstoff auf, als ihm die Temperatur gestattet, Grubengas und ölbildendes Gas bildend, während zu gleicher Zeit durch Einwirkung der beiden anderen Elemente zusammen auf den Kohlenstoff eine Reihe von ternären Verbindungen hervorgerufen wird. Das gleichzeitige Auftreten aller dieser mit chemischer Anziehung begabter Produkte bei hoher Temperatur giebt Veranlassung zu neuer Thätigkeit; es entstehen andere Produkte späterer Einwirkung. Kurz die Natur des Prozesses bietet die Möglichkeit einer zahllosen Menge von Verbindungen dar, welche die Wissenschaft vergebens wird zu erschöpfen suchen. Außer den Gasen erhält man eine Flüssigkeit, deren untere Schichten eine wässerige Auflösung von Produkten sind, worin Essigsäure vorherrscht, deren obere Schicht aber ein flüssiges Gemenge von wasserstoffreichen, den Harzen und ätherischen Oelen analogen Körpern ausmacht, welches in der Praxis Theer genannt wird. Der Holzgeist (Holzessig), eine alkoholähnliche Verbindung, so wie die von Reichenbach untersuchten Körper, das Paraffin, Picamar, Kreosot, Kapnomor, Pitacall, ferner Naphtalin, Brandharz und Brandöl sind Bestandtheile davon. Je mehr in einem Brennstoff der Sauer-

stoff zurücktritt, je mehr er Wasserstoff enthält, wie die Steinkohlen, um so überwiegender wird die Menge der Zersetzungsprodukte sein, welche diese mit dem Kohlenstoff hervorbringt. In keinem Fall, so sehr auch eine passende Temperatur die Bildung von kohlenstoffreichen Verbindungen begünstigen mag, weder bei dem Holz, noch weniger bei Torf, Braun- oder Steinkohle, sind die beiden andern Elemente im Stande, allen Kohlenstoff zu binden und wegzuführen; stets bleibt eine namhafte, von dem Hitzgrade abhängende Quantität davon als feste Kohle im Rückstand. Holz, Braunkohle und Torf hinterlassen diese Kohle ganz mit ihrer eigenen Form und Struktur, so daß man beim Holz Jahrringe, Zellen, ja die Art desselben aus jener deutlich zu erkennen vermag. Anders verhalten sich die Steinkohlen als Verbindungen einer verschiedenen Elementaranordnung. Einige Arten derselben gerathen während der Zersetzung in einen erweichten Zustand, eine Art Schmelzung, so daß die Dampfblasen der Zersetzungsprodukte gleichsam aus einem Teig sich entwickeln. Die rückständige Kohle, bei den Steinkohlen Coak oder Kohk genannt, ist blasig, mehr oder weniger dicht und hat die Form der Kohle gänzlich verloren. Wenn man mehrere Stücke oder gepulverte Kohlen trocken destillirt, so backen sie zusammen und bilden ein einziges Coakstück. Solche Kohlen sind reich an Wasserstoff und heißen Backkohlen. Andere Steinkohlen verhalten sich wie Holz, hinterlassen wenig Coak von derselben Form, ohne zusammen zu backen. Gepulvert geben sie pulverigen Coak. Sie heißen Sandkohlen und sind die kohlenstoffreichsten. Zwischen beiden liegen die Sinterkohlen in der Mitte, bei denen Coaks der einzelnen Kohlenstückchen zwar aneinanderhaften, aber keine völlige Schmelzung zu erkennen geben. —

B. Künstliche Brennstoffe.

Die natürliche Feuchtigkeit, so wie der in den Brennstoffen vorhandene Sauerstoff, welcher beim Verbrennen die Bildung von so vielem Wasser verursacht, sind dem Hüttenmann sehr häufig ein Hinderniß, gewisse hohe Temperaturen hervorzubringen, deren er meistens benöthigt ist. Man ist aus diesem Grunde schon in sehr frühen Zeiten darauf verfallen, sich der trockenen Destillation als eines Mittels zu bedienen, um sich der Hitze absorbirenden Bestandtheile des Holzes zu entledigen, oder eines Mittels, die Wirksamkeit gewissermassen zu concentriren, in eine geringere Masse zusammenzudrängen. Darin beruht die Aufgabe der Verkohlung des Holzes, welche man später auch auf Torf, Braunkohle und besonders Steinkohle ausgedehnt hat und für letztere dann Verkohkung nennt. Aus der Reihe der natürlichen gewinnt man eine entsprechende Reihe künstlicher Brennstoffe, deren Gewinnung die folgenden Kapitel lehren werden.

VI. Kapitel.

a) Vegetabilisch-künstliche Brennstoffe.

Verkohlung des Holzes (Holzkohle).

Wie bereits erwähnt wurde, geschieht die Verkohlung des Holzes zumeist deswegen, um ein für manche Zwecke tauglicheres Brennmaterial zu erhalten. Bei genauerer Beob-

achtung der Verbrennung des Holzes, wenn man z. B. einen Span am untern Ende anzündet, kann man mit Schärfe zwei Epochen unterscheiden. Sobald nämlich die Flamme, die anfangs an irgend einem Theile auflodert, schwächer wird und verlischt, haben somit die flüchtigen Zersetzungsprodukte, welche in der Luft entflammen, aufgehört und der Prozeß endigt in einem ruhigen Verglimmen der rückständigen überschüssigen Kohle. Taucht man den Span in dem Maße, als die Flamme erlischt, in ein enges unten verschlossenes Glasrohr, so wird die Kohle aus Mangel an Luft unverglimmt erkalten. Wirklich gelingt es, auf diese Art den Span vollständig zu verkohlen, gerade wie in dem vorher besprochenen Fall, wo man den Zutritt der Luft von vornherein abgesperrt, d. h. das Holz in geschlossenen Gefäßen erhitzt hatte. Die ursprüngliche Verkohlungsmethode im Großen beruht hauptsächlich auf dem ersten Grundsatze, ohne daß der letztere gänzlich ausgeschlossen bleibt. Neuere Methoden beruhen auf der Anwendung großer verschließbarer Gefäße. Wie man auch verfahren mag, immer wird der Kohlenstoff des Holzes dann am meisten geschont werden und in größerer Menge zurückbleiben, wenn man dem Sauerstoff Zeit läßt, mit dem Wasserstoff zu Wasser zusammenzutreten. Wirklich hat die Erfahrung den langsamen Gang der Verkohlung als erste Regel festgestellt, wie die Versuche von Karsten bestätigen, welchen wir die von Stolze und Winkler beisetzen. Sie erhielten:

Art des verwendeten Holzes.	Kohle *). Bei rascher Verkohlung. Karsten †.	Kohle *). Bei langsamer Verkohlung. Karsten †.	Stolze †.	Winkler †.
Junges Eichenholz	16,54	25,60	26,1	22,8
Altes Eichenholz	15,91	25,71		
Junges Rothbuchenholz	14,87	25,87	24,6	17,8
Altes Rothbuchenholz	14,15	26,15		
Junges Weißbuchenholz	13,12	25,22	23,8	
Altes Weißbuchenholz	13,65	26,45		
Junges Erlenholz	14,45	25,65		
Altes Erlenholz	15,30	25,65		
Junges Birkenholz	13,05	25,05	24,4	17,6
Pappelholz	— —	— —	23,8	17,7
Altes Birkenholz	12,20	24,70	24,4	17,6
100jähriges Birkenholz, gut erhalten	12,15	25,10		

Junges Fichtenholz (Pin. picea D.)	14,25	25,25	23,4	20,6
Altes Fichtenholz	14,05	25,00		
Junges Tannenholz (Pin. abies D.)	16,22	27,72	21,5	20,1
Altes Tannenholz	15,35	24,75		
Junges Kiefernholz (Pin. sylvest.)	15,52	26,07	23,7	
Altes Kiefernholz	13,75	25,95		
Lindenholz	13,30	24,60	22,8	16,2
Eschenholz	— —	— —	22,1	19,4
Weidenholz	— —	— —	22,2	15,0

*) Markus Bull hat für die lufttrockenen amerikanischen Hölzer dieselbe Kohlenausbeute, nämlich 21 — 25%, dadurch erhalten, daß er die Proben in scharfkantigen Stücken in Tiegel mit Kohlenpulver einfütterte und langsam glühte.

†) Die Holzarten der Karsten'schen Versuche waren lufttrocken, die der Stolze'schen bei 30° R. und der Winkler'schen in einem warmen Zimmer getrocknet.

Winkler hat seine Versuche in Tiegel mit Sägespänen eingesetzt und rasch zum Glühen erhitzt. Man sieht also aus obiger Tabelle, daß alle Holzarten, unter sonst gleichen Verhältnissen, die nämlichen Gewichtsverhältnisse Kohlen geben. Bei zu raschem Gange der Verkohlung geben die Hölzer nur die Hälfte Ausbeute an Kohlen.

Die Verkohlung des Holzes geschieht entweder innerhalb gemauerter oder aus Eisen gefertigter Oefen, oder in Meilern und Haufen. Da bei der Verkohlung in Oefen aller Zutritt von atmosphärischer Luft vermieden werden kann, indem man die Erhitzung des Ofens von außen bewerkstelligt, so sollte man glauben, daß diese Verkohlungsmethode die reichlichste Kohlenausbeute gewähren müßte, allein die Erfahrung bestätigt es nicht. Die Verkohlung in Meilern, wenn sie mit Vorsicht und nicht zu rasch betrieben wird, gewährt eben so viel Kohle, als die in Oefen und hat vor derjenigen Ofenverkohlung, die ebenfalls Zutritt von atmosphärischer Luft bedarf, noch verschiedene Vorzüge. Bei der Meilerverkohlung, wo das Holz eine bewegliche Decke von Erde oder Kohlenklein (Lösche) enthält, wird jeder durch das Schwinden des Holzes ꝛc. während der Operation entstehende hohle Raum durch die Decke ausgeglichen, was bei der Ofenverkohlung nicht der Fall seyn kann, ein Umstand, der nur nachtheilig auf den Gang des Prozesses wirken muß. Zweitens bleibt die Meilerverkohlung und die Verkohlung in Haufen die wohlfeilste.

Verkohlung unter beweglicher Decke. Die beste Jahreszeit zur Verkohlung des Holzes unter beweglicher Decke sind die Sommermonate von Mai bis Oktober. In dieser Jahreszeit fehlt es nicht an Rasen, Laub oder Moos zur Decke, noch an Wasser; man ist mehr sicher vor stürmischem und

nassem Wetter, und die langen Tage begünstigen die Aufsicht auf den Gang der Arbeit. Klima und Beschaffenheit des Bodens können eine frühere oder spätere Köhlerei noch rathsam machen.

a) Verkohlung in Meilern. — Die in Frage stehende Methode ist im Wesentlichen nichts Anderes, als die Verbrennung einer Holzmasse unter einer nachgiebigen Hülle (beweglichen Decke), welche dem Köhler die Leitung oder vielmehr die Unterdrückung des Luftzutritts bis auf den Punkt vollkommen in seine Gewalt giebt, wo das Verzehrtwerden der Kohle durch den Luftsauerstoff ihren Anfang nimmt. Die Haupthindernisse einer richtigen Leitung und eines guten Erfolgs sind die Feuchtigkeit und Nässe, durch zu starke Abkühlung und scharfen Wind wird die Regulirung des Luftzugs gestört.

Man wählt daher in der passenden Jahreszeit eine trockene, vor Wind (etwa durch eine Bergwand oder Wald) geschützte Stelle, welche dem Orte, wo das Holz geschlagen wird, möglichst nahe seyn muß, um überflüssigen Transport zu umgehen, als Meilerstätte und beginnt damit, diese in Runde zu ebnen. Um sicherer zu gehen, bewirkt man die Fläche entweder unmittelbar, oder, wenn man dem Boden wegen Nässe mißtraut, auf einem vorher gelegten Rost (Unterlage) aus Schindeln, Bohlen oder dicht liegenden Scheiten mit einer mehrere Zoll starken Lage von sog. Lösche oder Kohlenstaub. Die Errichtung des Meilers (Holzstoßes) beginnt von der Mitte aus mit der Aufstellung des Quandels, als Axe, von wo aus der Meiler nachher angezündet wird. Er ist entweder ein starker Pflock, um welchen man die Scheite concentrisch ordnet, mit der Vorsicht, daß man am Boden her einen Kanal vom Quandel nach der Peripherie frei läßt, um

brennende Kohlen einschieben zu können, oder man verbindet drei aufrechtstehende Pfähle mit Zweigen so unter sich, daß sie zu demselben Zweck eine Art von Kamin frei lassen. Wie man nun verfahren mag, stets nimmt die Entzündung vom untern Theile des Quandels ihren Ausgang. Man beginnt nun zunächst um den Quandel leicht entzündliche Stücke, z. B. angebranntes Holz einer frühern Verkohlung, zu schichten und um diese herum die Scheite, welche von möglichst gleicher Länge seyn müssen, in zwei oder drei Lagen in der Art übereinander ringförmig zu ordnen, daß möglichst wenig Zwischenränme bleiben. Aus diesem Grunde müssen die gespaltenen Scheite mit der Kante nach dem Quandel, mit der Rinde nach außen gerichtet und alle durch Krummholz entstandenen Höhlungen mit Astholz sorgfältig ausgefüllt werden. Je geneigter die Scheite stehen, um so weniger dicht werden sie an einander anschließen und umgekehrt; um deswillen gibt man dem Meiler eine so steile Außenfläche, als die Haltbarkeit und das Anhaften der aufzulegenden Bedeckung erlaubt. Eben so einleuchtend ist es, daß viele Zwischenräume entstehen müssen, wenn man die Scheite, wie hier und da geschieht, horizontal und strahlenförmig um den Quandel in einem oder mehreren concentrischen Ringen schichtet, weil alsdann die äußern Enden der inneren Ringe zu viel divergiren. Die größten Vortheile bietet die Verbindung beider Verfahrungsweisen (Fig. 2.) und besteht darin, daß man um den Quandel anfangs einen steilen und schmalen stehenden Meiler als Kern aufsetzt und denselben durch ringförmig herumliegende Scheite vollendet, welche dicht an den Kern anstoßen, so daß die Neigung (Steilheit) dieses die Neigung des Ganzen bestimmt. Aus forstwirthschaftlichen Gründen sind die Scheite immer von gleicher Länge, und es müssen deshalb die liegenden nach

oben eingerückt werden, in dem Maße als der Kern an Dicke abnimmt, wodurch sich die Außenfläche durch treppenartige Absätze abrundet, welche die Bedeckung bedeutend erleichtern. In allen Fällen endigt der Meiler oben in eine Fläche, welche man mit Hozabfällen, Scheiten, Stockholz ꝛc. so lange bedeckt und ausfüllt, bis die Oberfläche kugelartig abgerundet erscheint. Diese Bedeckung heißt die Haube, der mittlere Theil des Meilers, da wo bei stehenden Meilern die Lagen wechseln, der Saum oder die Brust, die Basis der Fuß desselben. Seine Größe wird meist durch Zufälligkeiten bedingt und darf nicht weiter gehen, als die Möglichkeit einer guten Leitung erlaubt; man findet welche von 10 und weniger Fuß Durchmesser bis 20, 40, ja 60 Fuß. Es springt in die Augen, daß der Vortheil einer geringern Abkühlung auf Seiten der großen sein muß, weil sie gegen den Rauminhalt wenig Oberfläche haben. Als Halbkugeln betrachtet, ist bei Meilern von 30′ und 60′ Durchmesser die Oberfläche bei dem einen $\frac{1}{5}$, bei dem andern $\frac{1}{10}$ des Inhalts, also bei dem größern um die Hälfte kleiner. Es bleibt noch übrig, den Meiler, nachdem er geschlichtet, d. h. alle Vertiefungen und Höhlen mit kleinem Holz ausgefüllt sind, gegen die Luft abzuschließen, oder mit der Decke zu versehen. Befeuchtete Kohlenlösche (staubförmige Kohlenabfälle) dient am vorzüglichsten, weil sie sich dicht und leicht zusammenballt, weniger gut Erde oder Sand; alle würden aber in die Zwischenräume der Scheite fallen, wenn man nicht zuvor den Meiler mit einer Lage (ersten Decke) von Rasen, die Erdseite nach außen, Laub oder im Nothfall Moos überzöge. Diese erste Decke reicht aber nicht bis auf den Boden, sondern ruht in einem Abstande von einigen Zollen darüber auf Zweigen, die mit Gabeln gegen das Holz ringsum gespreizt werden und Rüstung

heißen. Durch den freien Raum am Fuß sollen nämlich die sich zu Anfang entwickelnden Wasserdämpfe entweichen; denn würde man oben in der Haube einen Ausweg offen lassen, also in der Richtung des Zugs, so würde der Meiler auf eine schädliche Weise dadurch angefacht werden. Im Gegentheil verstärkt man die Decke, welche an der Seite 3 bis 5 Zoll hat, auf der Haube bedeutend. Ist die zweite Decke aus Lösche oder Sand aufgetragen und angedrückt, was auch zuweilen erst später geschieht, so schreitet man zum Anzünden; früh Morgens bringt man glühende Kohlen entweder durch den Kanal am Fuße des Meilers, oder (bei der andern Art) von oben in den Quandel und sucht die in dessen Nähe befindlichen Brände und dünneren Spalten rasch zu entzünden. Ist dieß gelungen und die Zündöffnung wieder bedeckt, so beginnt die erste Periode, nämlich die Entfernung der im Holz befindlichen Feuchtigkeit, das Abbähen. Hierbei ist eine ungetheilte Aufmerksamkeit nöthig, wenn man nicht den Meiler durch die Gewalt der zu rasch entwickelten Dämpfe mit Explosion auseinander geworfen wissen will. Die Dauer des Abbähens läßt sich leicht nach der Beschaffenheit des Rauchs bestimmen, der sich dabei als gelblich grauer Qualm träg fortwälzt und einen Theil seiner Dünste in der Decke niederschlägt, die sich dadurch stark befeuchtet (schwitzt). Aendert sich die Natur des Rauchs, wird er mehr grau und leichter, so gibt man auch unterhalb der Rüstung eine Decke und schreitet zur zweiten Periode. Zuvor aber erfordert der Zustand des Meilers gewisse wichtige Ausbesserungen; das Quandelholz, unterdessen allmählich verzehrt, hinterläßt Höhlungen, welche ein Einsinken oder Zusammenrücken, Bildung von größeren Zwischenräumen, Beschädigungen der Decke verursachen und Luft eintreten lassen. Durch rasches Wegneh-

men derselben wird die Haube einen Augenblick blosgelegt, das Holz in der Quandelgegend mit einer starken Stange zusammengestoßen, der entstandene Raum mit Holzstücken und Bränden ausgefüllt (das Füllen) und die Decke sogleich fest angetrieben. Es beginnt nun durch Verbrennen eines kleinen Theils die trockene Destillation der übrigen Masse, die eigentliche Verkohlung, das Treiben genannt. Der Meiler bleibt dabei mehrere Tage sich selbst überlassen, während man nur Sorge trägt, durch rings um den Fuß eingestoßene Oeffnungen (Fußräume) den Abzug der Theerdämpfe und den erforderlichen Luftzutritt zu unterhalten, der ohnehin schon durch die poröse Decke selbst einigermaßen stattfindet. Dabei nimmt der Umfang des Meilers sichtbar ab, wobei man sein Augenmerk darauf zu richten hat, ob dieses Schwinden stellenweise stärker, oder überhaupt ungleichförmig stattfindet. Alsdann hat sich die Verkohlung einseitig lebhafter entwickelt, nach gewissen Stellen vorzugsweise stärker und wird dadurch wieder in die gewünschte Richtung zurückgeführt, daß man dort die Decke verstärkt, oder selbst gerade gegenüber Zugöffnungen einstößt, welche den Zug von da ab und hierhin leiten. — Mit dem Treiben wäre eigentlich die Arbeit des Köhlers vollendet, wenn nicht an gewissen Stellen des Meilers Nachhülfe nothwendig wäre. Es ist nämlich unmöglich, das Feuer im Treiben bis dicht unter die Decke zu verbreiten, weil das gerade unter derselben liegende Holz durch zu große Abkühlung und daselbst verdichtete und angesammelte Feuchtigkeit einer so sehr unterdrückten Gluth widersteht. Es wird daher nöthig, vor dem Schluß, — zu einer Zeit also, wo die Masse des Holzes im Innern bereits verkohlt ist — den Prozeß durch vermehrten Luftzutritt auch bis in die äußerste Peripherie des Meilers zu verpflanzen. Zu dem Ende, dem

Zubrennen, beeilt man sich, in der Höhe der Brust einen zweiten Kranz von Räumen einzustoßen, der mit den Fußräumen, aber unter größeren Abständen, gleichläuft. Man hat nicht nöthig, diese Räume höher zu verlegen, weil der Zug bei seiner natürlichen Richtung nach oben in der Haube hinreichend wirkt. Nach einiger Zeit wirbelt der aus den Mittelräumen vordringende, Anfangs dicke schwarze Rauch in Gestalt dünner bläulicher Wölkchen hervor, worauf man die Oeffnungen sogleich zuwirft, um etwa 2 Fuß tiefer neue einzustoßen, davon sich dieselben Erscheinungen wiederholen. Sehr große Meiler verlangen noch eine dritte Reihe von Oeffnungen, bis man endlich an den Fußräumen angelangt das Feuer stellenweise, anstatt des Rauchs, aus diesem hervorbrechen sieht. Es beweist eine tadellose Arbeit, wenn dies am ganzen Umfange gleichzeitig geschieht. Ueberall, wo Flammen hervorbrechen, unterdrückt man sie sogleich durch dichte Lösche und sucht es im Gegentheil durch neue Räume dort zu beschleunigen, wo das Feuer zurückblieb, bis zuletzt der Meiler unter gänzlich geschlossener Decke steht, oder in der Gaare ist. Man kann einigermassen aus seinem Ansehen auf den Gang der Arbeit schließen; obgleich er jederzeit stark zusammensinkt, so wird dies doch bei aufmerksamer Behandlung sehr gleichmäßig vor sich gehen, während Verschiebung, Ausbauchungen, multernförmige Vertiefungen das Gegentheil beweisen. — Ein Aufreißen des ganzen Haufens würde entweder denselben in Flammen setzen und verderben, oder eine allzulange Zeit zu seiner gänzlichen Abkühlung erfordern; die Kohlen werden deshalb einzeln gezogen. Der Köhler macht nämlich am Fuß des Meilers durch Abwerfen der Decke, eine mäßige Oeffnung, zieht mittelst eines Hakens so viel Kohlen hervor, als die Zeit erlaubt,

um dieselbe sogleich wieder zuzuwerfen, ehe die Luft zu stark auf die entblößten Stellen gewirkt hat; so fährt man fort, um den ganzen Meiler herum, indem man die gezogenen Kohlen, welche noch glühend hervorkommen, durch Ueberdecken mit Sand, Lösche, oder Besprengung mit Wasser löscht, was am besten des Nachts geschieht, wo das Auge jeden Funken unterscheidet. — Die Verkohlungszeit wechselt mit der Größe der Meiler von 6 und 14 Tagen bis 4 Wochen bei solchen von 30′ Durchmesser und mehr.

b) Verkohlung in Haufen. — Eine in der Ausführung und dem Gange der Arbeit, nicht aber dem Prinzip nach verschiedene Verkohlung ist in gewissen Gegenden Deutschlands, z. B. im Wienerwalde, gebräuchlich und heißt die Haufenverkohlung. Die Verkohlung in Haufen (liegenden Werken) unterscheidet sich von der Meilerverkohlung hauptsächlich dadurch, daß nur ein Theil des Holzes zur Verkohlung gebracht und die fertigen Kohlen nach und nach ausgezogen werden. Man rühmt von derselben, daß sie vorzüglich gute Kohlen liefere, weil diese kaum erzeugt, auch schon gezogen werden, also der Wirkung der Glühhitze weniger ausgesetzt bleiben, als die in Meilern. Die Meilerstätte für einen solchen Haufen bildet ein rechtwinkliges, längliches Viereck, dessen vordere und hintere Seiten etwas kürzer sind, als die beiden andern. Von vorn nach hinten steigt die Stätte etwas an (Fig. 3.) und die beiden langen Seiten werden durch eine Reihe von senkrecht stehenden starken hölzernen Pfählen dergestalt begrenzt, daß beide Reihen parallel neben einander fortlaufen. Die Pfähle in einer jeden Reihe stehen 2½ bis 3 Fuß von einander entfernt und sind nach hinten, wo die Stätte ansteigt, höher als vorn. Die Entfernung der beiden zu einer Stätte gehörenden Pfahlreihen von einander

richtet sich nach der Länge der zu verkohlenden Holzstämme. Die Länge der Stätten ist unbestimmt, sie richtet sich nach der Menge des in einem Haufen zu verkohlenden Holzes, weshalb sie von 20 bis 40 Fuß abweicht.

Die beiden Pfahlreihen, welche die langen Seiten einer solchen Verkohlungsstätte begränzen, stehen 3 Fuß weiter auseinander, als die Scheitlänge des Kohlenholzes beträgt, so daß zwischen den Stammenden des zu verkohlenden Holzes und zwischen der Pfahlreihe jeder Seite ein Zwischenraum von 18 Zoll bleibt, welcher demnächst mit Kohlenlösche ausgefüllt wird.

Beim Richten oder Setzen des Haufens werden auf die abschüssige und mit Kohlenlösche ausgestampfte Sohle der Stätte einige dünne Hölzer der Länge der Verkohlungsstätte nach gelegt und auf diese nach der Breite der Stätte die zu verkohlenden runden Holzscheite. Diese werden vorn durch zwei schlittenkufenartig gebogene Hölzer zusammengehalten und liegen hier nicht viel über einen Fuß hoch. Nach hinten werden die Kohlenholzlagen aber immer höher übereinander geschichtet, so daß sie zuletzt die Höhe von 10 bis 15 Fuß erreichen, je nachdem die Verkohlungsstätte kürzer oder länger ist. Die horizontal übereinander liegenden Holzstämme, welche die hintere fast senkrechte Fläche des Meilers bilden, müssen durch ein paar aufgestellte Pfähle und gegen dieselben gespreizte Streben eine Haltung bekommen. Das möglichst dichte Legen der Holzstämme neben- und übereinander, um die Zwischenräume zu vermeiden, ist eine wesentliche Bedingung des guten Erfolgs der Arbeit; auch müssen die Stammenden auf beiden Seiten genau in einer senkrechten Ebene liegen, und es dürfen nirgends Stammenden hervorstehen. Scheite, die zu kurz sind, um

die ganze Breite des Meilers auszufüllen, müssen mit andern kürzeren Holzstücken genau und sorgfältig ausgeglichen werden, damit nicht Höhlungen entstehen, in welchen das Feuer zu stark wirken würde.

Ist der Haufen auf diese Weise gesetzt, so wird er von allen Seiten und oben mit angefeuchteter Kohlenlösche bedeckt. Um diese an den Seiten festzuhalten, dazu dienen eben die Pfähle auf beiden Seiten des Haufens, deren Zwischenräume mit flachem, schindelartigem Holze inwendig, d. h. nach der Seite des zu verkohlenden Holzes zu, verzogen werden, so daß die Pfähle äußerlich ganz frei bleiben. Der Zwischenraum zwischen den Stammenden des Holzes und den mit Schindeln verzogenen Pfahlreihen wird auf solche Art ganz mit Lösche ausgefüllt. Die Schindeln und die Pfähle schützt man durch öfteres Befeuchten vor dem Verbrennen.

Wenn der Haufen ganz mit Lösche bedeckt ist, so wird er vorn angezündet, und das Feuer muß sich nun von selbst weiter nach hinten ziehen. So wie das Feuer vorrückt, werden die vorn erzeugten Kohlen schon gezogen, und es ist besonders nur darauf zu sehen, daß sich das Feuer nicht ungleich fortzieht, und daß das sogenannte Segel, nämlich der Rücken, den die vordere Fläche des in der Verkohlung begriffenen Haufens nach dem Arbeiter oder nach der vordern Seite zu mittelst der Decke des Haufens bildet, immer gerade, oder auf die beiden Pfahlreihen senkrecht bleibt. Auch muß die Löschdecke häufig nachgesehen und angeschlagen werden, damit sich beim Schwinden des Holzes nicht Höhlungen bilden, welche ein Durchbrennen der Decke und ein Veraschen des Holzes auf diesen Punkten zur Folge haben würden.

Der beschriebene Prozeß der Holzverkohlung, seit mehr

als 2000 Jahren *) bekannt, gehört unbestritten unter die zahlreichen Erfindungen, bei welchen ein richtiger praktischer Sinn der Vorzeit der spätgebornen Theorie wenig mehr zu thun übrig ließ, als die naturgerechte Erklärung. Einfach und sinnreich wie sie ist, ist sie bis jetzt keinem verbesserten Vorschlag in einer durchgreifenden Weise gewichen. Wirklich ist kein Ort denkbar, wo man Holz fällt, wohin man es schwemmt oder im Gebirge durch die Rutschen befördert, ohne daß daselbst zugleich die einfachen Mittel zur Errichtung eines Meilers geboten wären; ein Umstand, darum so wichtig, weil das Holz ungemein viel mehr Transportkosten verursacht, als fertige Kohlen. Ferner, wie bemerkt, schwindet das Holz bei der Verkohlung und zwar um 20 bis 25 %, so daß ein Meiler von 3600 C. F. nach der Verkohlung nur noch 2250 C. F. einnehmen und eine Höhlung von 750 C. F. hinterlassen würde, in welche die äußere Luft eindringend einen Theil des Holzes nutzlos verzehrte. Aber die Höhlung entsteht nicht, weil die nachgiebige Decke stets mitsinkt und (bei einiger Aufmerksamkeit) jedem ähnlichen Schaden begegnet wird. Keine Einrichtung wird eine so subtile, sichere und leichte Führung des Luftzutrittes — von dem doch die Operation wesentlich abhängt — gestatten, als die bewegliche Decke. Jeder Stich mit der Raumstange ist ein geöffneter, jede Schaufel Erde ein geschlossener Hahn, der überall in Bewegung gesetzt werden kann. Endlich gelingt es ohne Fehl, das Feuer allen Punkten der Holzmasse zuzuführen, wie ausgedehnt sie auch seyn mag, wegen der eigenthümlichen Natur

---

*) Schon Theophr. Crusius, der 300 v. Chr. lebte, und Plinius beschrieben denselben.

des Ganges. Die Aufgabe des Köhlers besteht nämlich darin, den größern Theil der Holzmasse durch trockne Destillation dadurch zu verkohlen, daß er einen geringern Theil der Verbrennung aufopfert, welche ihm die hinreichende Temperatur liefert. Der Inhalt des Kohlenmeilers muß zu einem gewissen Theil als der nöthige Brennstoff betrachtet werden, womit der Köhler seine Operation durchführt. Während die zugelassene Luft die eine Spalte theilweise verbrennt, unterliegt die nächstbenachbarte der daraus entwickelten Hitze, zerlegt in trockner Destillation, um zuletzt auch ihrerseits eine kurze Zeit dem Luftsauerstoff ausgesetzt zu werden; die Fertigkeit des Arbeiters beruht nun darin, genau zur passenden Zeit einzuschreiten und dem Holz gerade dann die Luft zu entziehen, wenn die nebenliegenden Theile in selbstständiger Zersetzung begriffen sind. Dieses Geschäft wird ihm dadurch so sehr erleichtert, daß er die Dämpfe gegen ihren Willen gewissermassen zwingt, von oben nach unten zu entweichen, was nur mit einer Verzögerung des Prozesses geschehen kann, welche ihm denselben leichter erfassen läßt und ihm zugleich Zeit gibt, gehörig einzuschreiten. Endlich verdient noch als wichtig hervorgehoben zu werden, daß man das Feuer sich vom Quandel, also vom Mittelpunkt nach dem Umfange, verbreiten läßt, weil auf diese Art der bereits gaare Kern des Meilers gegen die schädliche Berührung mit dem Sauerstoff durch einen Mantel brennenden Holzes, also undurchdringlich gegen die Luft, geschützt wird. Diesen bestimmten Vorzügen gegenüber lastet auf der andern Wagschale eine Unvollkommenheit, welche ebensowenig widerlegbar zu zahlreichen Vorschlägen Veranlassung gab: der völlige Verlust aller verwerthbaren Nebenprodukte, nämlich des Theers und der brandigen Essigsäure. Die Verwerthbarkeit beider ist aber von der Gegend

abhängig und häufig äußerst gering; doch hat man auf mehrfache Weise, aber nicht immer mit Erfolg, versucht, sie zu gute zu machen. Das Aufsammeln derselben an den Meilern schadet meistens mehr durch Störung im Gange, als es für sich nützt. Einige empfahlen, die Decke aus gelöschtem Kalk zu machen, um wenigstens die Säure als essigsauren Kalk zu gewinnen; andere wollten dieselbe aus transportabeln, mit Lehm überkleideten Horden bestehen lassen, welche die Dämpfe durch angebrachte Röhren in Verdichtungsfässer abführten. Dieß heißt aber so viel, als die Decke ihrer vorzüglichsten Eigenschaft, der Nachgiebigkeit, berauben. Am meisten sind die beschriebenen Haufen geeignet, um daran ohne Nachtheil Verdichtungsvorrichtungen anzubringen, was am besten so geschieht, daß man hinten am Segel durch die Verschalung ein Rohr eintreten läßt, welches die Dämpfe in Gefäße mit Wasser führt. Wenn man nicht genöthigt ist, mit der Meilerstätte den Holzhauern zu folgen, wenn das Holz z. B. in Hochgebirgen durch Rutschen ꝛc. immer nach derselben Stelle geschafft wird, so bietet sich dadurch das einfache Mittel dar, die stehende Meilerstätte in Form eines flachen Trichters auszumauern, welcher an der tiefsten Stelle, im Mittelpunkt also, in einen engen, nach einer seitwärts gelegenen Haube führenden Kanal endigt, worin sich Theer und Brandessig sammeln.

c) Verkohlung in Oefen. — Das Streben, alle Produkte gleichzeitig zu gewinnen und die Hoffnung auf größere Kohlenausbeute hat sehr wahrscheinlich zuerst die Veranlassung gegeben, die Meiler gegen feststehende gemauerte oder eiserne Apparate, nämlich Verkohlungsöfen, zu vertauschen; einige sind wie Meiler darauf berechnet, daß die Verbrennung eines Holzantheils im Inneren durch geeigneten Luftzutritt

die Verkohlungshitze hervorbringt; sie sind Oefen, deren Wände eine feste Meilerdecke bilden. Bei anderen ist der Theil des Holzes, welcher zur Erzeugung der Hitze verbrannt wird, vollkommen von dem zu verkohlenden Antheil getrennt; dieser befindet sich innerhalb, jener außerhalb des Ofens. Eine richtige Einsicht in die Sache hat gelehrt, die aus einem Holzstoße sich entwickelnden Gase und Dämpfe, insofern sie fast nur Produkte der trocknen Destillation und unverbrannt sind, als wirklichen Brennstoff anzusehen, der bei den Meilern verloren geht, und also darauf hingewiesen, von dem Zeitpunkte ihrer reichlichen Entwicklung an die Verkohlung bis zu Ende zu betreiben. — Bei dem in der Fig. 4 dargestellten Ofen findet der Zutritt der Luft durch den Rost Statt. Das Füllen geschieht durch die Oeffnungen a, später durch b im Gewölbe, das Kohlenziehen durch a allein. Alle Oeffnungen werden während der Operation vermauert. Mittelst der genau schließenden Thüre des Aschenfalls wird der Luftzug regulirt. Man läßt die Luft so lange zutreten, bis die Mauern des Ofens eine Hitze erreicht haben, welche zureicht, um die Verkohlung zu beendigen, schließt die Thüre vollständig ab und bewirft sie mit Erde, wenn dicke qualmende Theerdämpfe erscheinen. — In Rußland, Schweden und nach Kavanko's Bericht auch in China ist die sogenannte Grubenverkohlung die übliche, wobei die Wände einer Grube den Ofen bilden. Diese ist meist an einem Abhange gelegen, kegelförmig nach unten enger; zur Seite befindet sich ein Theerbehälter, welcher mit der Sohle der Grube durch ein geneigtes Rohr in Verbindung steht. Von oben wird dieselbe, wenn sie mit kleingespaltenem Holz angefüllt ist, mittelst einer gewöhnlichen Erddecke geschlossen, durch deren Raumlöcher der Luftzug stattfindet. Der von de la Chabeauf-

stère vorgeschlagene Ofen ist nichts weiter, als eine sorgfältiger vorgerichtete Grube, welche nach ähnlicher Weise arbeitet und ebenso, wie die vorige, mehr für die Theer- als Holzkohlengewinnung geeignet ist. Bei gleicher Form derselben geschieht der Luftzug von unten durch eine Anzahl Kanäle, welche in der Ofenwand niedergehen und seitwärts über der Sohle einmünden. Von oben schließt eine eiserne Haube das Ganze in der Art, daß einige Zoll unterhalb das Ableitungsrohr für den Theer einmündet. In Folge der starken Abkühlung bleiben zu viel Brände.

Abweichend hiervon sind die Oefen, in welchen die Verkohlung durch mehrere Reihen in der Mauer angebrachter Löcher (Raumlöcher) geleitet wird. Sie fassen 7—8 Stecken Holz, sind viereckig, um dasselbe dichter einsetzen zu können und von oben flach überwölbt. Die unterste Reihe der Räume liegt im Niveau der Sohle, die folgende 18 Zoll höher und die übrigen in Abständen von 3 Fuß von einander. Beim Einsatz des Holzes, was so dicht als möglich geschehen muß, bildet man über der Sohle einen Kanal, die Feuergasse, welche von außen durch die Thüre, mit welcher er correspondirt, zugänglich und zum Anzünden bestimmt ist. Durch ein am obern Theil des Ofens befindliches Rohr ziehen die Dämpfe. Zum Beschicken des Ofens und zum Kohlenziehen sind besondere Oeffnungen vorhanden. Ist der Ofen somit in Thätigkeit gekommen und hat er eine gewisse Hitze erreicht, so schließt man die Raumlöcher mit Thonpfropfen nach Maßgabe des Ganges, um mit der eintretenden Gaare den ganzen Ofen mit Thon zu verstreichen. Erst dann kann zum Kohlenziehen geschritten werden, wenn die vollständige Abkühlung des Ofens eingetreten ist, weil vor Ablauf dieser Zeit, nämlich 2—3 Wochen, die eindringende Luft die noch glühenden Kohlen stark verzehren würde. — Die zweite Art der Oefen,

bei welchen ein besonderes Feuer von außen wirkt, bietet zwar den großen Vortheil einer leichten und vollständigen Aufsammlung aller Produkte, einen Vortheil übrigens, der durch die Nothwendigkeit, mit nur geringen Holzquantitäten zu operiren, reichlich aufgezogen wird; denn es leuchtet ein, daß bei der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit des Holzes und der Holzkohlen das Vordringen der äußern Hitze in den Kern eines größern Ofens einen unbesiegbaren Widerstand findet, welcher ihre Wirksamkeit daselbst vernichtet. Ein Fall, für welchen derartige Ofeneinrichtungen als sehr zweckmäßig gelten können, ist derjenige, wo man nicht sowohl die Kohlen als die Gewinnung des Theers im Auge hat, die Theerschwelerei. Nach der Erfahrung geben die Nadelhölzer, weil sie mit wasserstoffreichen Harzen und Terpentinöl durchdrungen sind, am meisten Theer; man wählt darum die harzigsten Stücke, Kienstücke.

Die Ausbeute an Kohlen variirt sehr bedeutend. Die auf Berthier's Veranlassung von Junker auf den Hüttenwerken in Plauen im Großen angestellten Beobachtungen sind vor allen geeignet, darin einen sichern Anhaltspunkt zu gewähren. Die folgenden Hölzer, sämmtlich 32jährig, wurden in gleichen Meilern von 5 Klaftern Inhalt verkohlt und vorher gewogen.

Das Gewicht der Kohlen ist unmittelbar nach dem Ziehen derselben genommen, noch ehe sie Wasserdämpfe absorbirt hatten. Leider wurde der Feuchtigkeitszustand der Hölzer unbestimmt gelassen.

Es ergab:

Art des Holzes.	Kohlen.	Brände.
Grünes Rothbuchenholz, gef. im Mai 1832	19,7%	0,6%
Entrindetes Rothbuchenh., gef. i. Mai 1832	23,0	0,3
Trocknes Rothbuchen- und Eichenholz, 2jährig, berindet	24,0	0,3
Trocknes Eichenholz, 2jährig, entrindet	25,7	0,34
Grünes, ber. Eichenh., gef. im Mai 1832	22,4	0,3
„ entr. „ „ „ „ „	21,2	
Grünes, ber. Eichenholz, gef. im Mai 1832	18,8	1,0
Gleiche Theile ber. Rothbuchen- u. Eichenh., im Januar 1831 gef. u. Aug. 1831 verkohlt	23,4	0,5
Grünes Rothbuchh., ber., sogleich verkohlt	12,9	0,3
Grünes berind. Eichenholz, sogleich verkohlt	13,5	0,4.

Die 5 ersten Versuche sind im August, also bei guter, die 5 letzten im Januar, also bei ungünstiger Jahreszeit angestellt. Alle zusammen gaben als mittlern Ertrag 20%, die Oefen 23 bis 27% des angewendeten Holzes. Um aber einen reinen Vergleich zu ziehen, muß $\frac{1}{5}$ noch zum Holze hinzugerechnet werden, welches die Heitzung der Oefen im Durchschnitt consumirt, so daß jene 27 Gewichtstheile Kohlen von 120 Theilen Holz herrühren, mithin nur gegen 22% Kohlen erzeugt werden und nicht viel mehr, als in den Meilern. Dagegen zieht der Ofen Anlage- und Reparaturkosten nach sich, welche die Errichtung und Wartung der Meiler sehr weit übersteigen. Davon abgesehen, daß die beschriebenen Methoden einander wenig herausgeben, läßt sich doch nicht läugnen, daß sie nur $\frac{2}{5}$ des im trocknen Holz enthaltenen Kohlenstoffs geben, so daß man die Zweifel über die allgemeine Mangelhaftigkeit der herrschenden Methoden nicht unterdrücken kann.

So wie es verwendet wird, enthält das Holz durchschnittlich 20% hygroskopisches Wasser, 40% Wasser- und Sauerstoff zusammengenommen, und ebensoviel Kohlenstoff. Während des Prozesses wird dieser in Anspruch genommen, um 1) alles gebildete und vorhandene Wasser zu verdampfen; 2) mit Theilen der beiden anderen Elemente Theer, Holzessig ꝛc. zu bilden; 3) diese ebenfalls zu verdampfen; 4) die Kohlenmasse auf die Glühhitze zu bringen und 5) die fortwährend an die Umgebung verloren gehende Wärme zu erzeugen; nur der gebliebene Rest, nachdem allem genügt ist, wird die Kohlenausbeute vorstellen. Nimmt man nun an, Wasser- und Sauerstoff träten geradezu zusammen, ohne Kohle aufzunehmen, so wären $40 + 20 = 60$% Wasser zu verdampfen, wozu (siehe unten) $5\frac{1}{2}$% Kohlen nöthig sind; von 34,5 werden 0,6 verbraucht, um den Rest zur Rothglühhitze zu bringen und 1 bis 2% für die verlorengehende Wärme. Eine Methode, welche die übrigen 32% Kohlenstoff ausbringen soll, müßte also den Sauer- und Wasserstoff zwingen, unter sich zusammenzutreten, ohne von ihrer Verwandtschaft zum Kohlenstoff Gebrauch zu machen, wozu die Wissenschaft als einer gegen die chemischen Gesetze laufenden Forderung keine Aussicht gibt. Aus Stolze's Versuchen ergibt sich der Kohlenstoff des Theers und der Essigsäure gegen 11%, von dem des Holzes. Angaben, wie die Kavanko's, wonach die Chinesen 30 bis 35% des frischgefällten Holzes erhalten, also den ganzen Kohlengehalt, sind ungereimt.

Die Kohlen verschiedener Holzarten sind nicht reiner Kohlenstoff, insofern man daraus durch weiteres Erhitzen noch einen Rückstand von flüchtigen Stoffen — 7 und mehr Prc. — austreiben kann. Außerdem ist ihre Beschaffenheit ungleich: die der weichen Hölzer sind weit lockerer als die der harten,

d. h. 1 C. F. weicher Kohlen wiegt weit weniger als 1 C. F. harter, ein Unterschied, der sich im Hüttenwesen deutlich fühlbar macht. Nach Hassenfratz, der die besten Bestimmungen gemacht hat, sind die specifischen Gewichte der Kohlen folgende: von Erlen 0,144, Birken 0,203, Weißbuchen 0,183, Eichen 0,155, Rothbuchen 0,187, Rothtannen 0,176, Linden 1,06. Man würde damit nur dann das Gewicht irgend eines Maßes Kohle finden und den Werth verschiedener Sorten daraus mit Sicherheit vergleichen können, wenn diese nicht beim Aufeinanderliegen Zwischenräume bildeten, über deren Quantität man in Ungewißheit bleibt. Folgende Angaben sind das Mittel aus vielen Beobachtungen im Großen; darnach wiegt (Zwischenräume gerechnet) 1 C.F. Buchenkohle (aus Scheitholz) 8 bis 9 Pfd. — dieselbe (aus Prügelholz) 7 bis 7,5, Kohle von Eichenscheitholz 7 bis 8 Pfd., von Prügelholz 6 bis 6,5, von den weichen Hölzern 4,5 bis 5,5, Nadelholz 5,5 bis 7 Pfd. — Faules, nasses oder frisch gefälltes Holz giebt eine weit leichtere Kohle, als gesundes und trockenes, junges Holz, Gipfel und Aeste eine leichtere als das Stammholz. Der absolute Brennwerth der Kohle wird durch die Sauerstoffmenge ausgedrückt, welche ihr Procentgehalt an Kohlenstoff zur Verwandlung in Kohlensäure erfordert, der für gleiche Gewichte jeder Kohlenart fast derselbe ist. Außerdem wechselt der Brennwerth der Kohle wie der des Holzes nach Wassergehalt und Dichte derselben. Wasserhaltige Kohle verbrennt mit größerer Flamme als vollkommen trockne. Die Kohle ist dichter, wenn sie in gemauerten, verschlossenen Behältern (Oefen) gewonnen wurde, wo fast nur eine Abdestillation von Wasser und wenig Kohle haltenden Produkten stattfindet, als die in Meilern erzeugte Kohle, bei der immer ein Theil des Kohlenstoffs verbrennt, wodurch dieselbe poröser ausfällt. Die glühende Kohle besitzt

ein großes Wärmestrahlungsvermögen. Die von derselben durch Ausstrahlung verbreitete Wärme beträgt nach Péclet ein Drittel von der beim Verbrennen der Kohle überhaupt erzeugten Wärmemenge. Die Verwendung der Kohlen als Brennmaterial findet daher vorzüglich da Statt, wo unmittelbar auf die allernächste Umgebung und in einem verhältnißmäßig kleinen Raum die Wärme verbreitet werden soll. Sie dienen daher nicht zur Erwärmung der Wohngebäude, sondern vielmehr zu technischen Zwecken, besonders in den metallurgischen Gewerben. Die harten Kohlen haben hiebei den Vorzug vor den weichen, daß sie in demselben Raume eine größere Hitze hervorbringen. Denn wenn der Luftstrom, welcher die Verbrennung unterhält, verhältnißmäßig verstärkt ist, so wird in demselben Raume bei der harten Kohle in gleicher Zeit ein in dem Verhältniß von 12: 8 vermehrtes Brennstoffgewicht verbrannt, die Hitze also in eben diesem Verhältnisse erhöht. — Uebrigens sind rücksichtlich ihres Verhaltens im Feuerheerde auch Kohlen aus derselben Holzart verschieden, nach der Verschiedenheit der Verkohlungsweise. Kohlen, welche in verschlossenen Oefen bereitet wurden, sind fester und härter, entzünden sich schwerer, und brauchen zum lebhaften Brennen einen stärkeren Luftzug, (und zwar um so mehr, je größet die Hitze bei ihrer Verkohlung war), als die in halb verschlossenen (in den gewöhnlichen Kohlenmeilern) erhaltenen Kohlen, welche leichter und weicher sind, weil sie einen Theil ihres Kohlenstoffes durch den nicht ganz gehinderten Luftzutritt verloren haben, sich leichter entzünden und fortbrennen. Diese Kohlen aus derselben Holzart verhalten sich also gegen einander, wie harte und weiche Kohlen aus verschiedenen Holzarten. — In Fällen, wo eine mäßige, aber lange anhaltende Wärme hervorgebracht

werden soll, z. B. für Wärmepfannen und dergleichen, kann auch das Kohlenpulver verwendet werden. Man füllt es in ein Gefäß, das von unten einen Luftzug hat, und bedeckt dasselbe mit einer Lage Asche, nachdem es vorher entzündet worden. Die gepulverte Kohle brennt unter diesen Umständen sehr langsam und theilt dem Gefäße eine mäßige, anhaltende Wärme mit.

Beachtung verdient die auf ihrer Porosität beruhende Eigenschaft der Holzkohle, Gasarten und Dämpfe in sich zu verdichten, oft, wie beim Ammoniak das 90fache Volum, oft, wie bei den permanenten Gasen, Stickstoff, Sauerstoff 2c. das 10fache etwa. Frische Kohlen verlieren an der Luft in einem gewissen Grade ihre Entzündlichkeit, gewinnen aber nach einer unbestrittenen Erfahrung an Wirksamkeit, weshalb man in der Praxis immer gelagerte Kohlen vorzieht. Worin diese Thatsache begründet liegt, ist unbekannt; sie wird wenigstens durch Luft- und Wasserabsorption allein nicht erklärt. Gewöhnliche Kohlen nehmen 5, 7 und 8, nach längerer Zeit 10 bis 20 % ihres Gewichts in der Luft zu.

Es ist schon oben mit anderen Worten auseinander gesetzt worden, daß die Verkohlung zum Zwecke hat, die Masse der brennbaren Theile im Volum, per C. F. z. B. zu vermehren. So hat ein C. F. Buchenholz = 20 Pfd., nach Abzug seines Sauerstoff- und Wasserstoffgehaltes nahe 9 Pfd. brennbare Theile; ein C. F. Buchenkohle dagegen enthält nur solche und wiegt 12 Pfd. Man hat also dieselben per C. F. um $\frac{1}{3}$ vermehrt, doch ist damit keineswegs gesagt, daß man die Verkohlung schlechterdings beendigen, d. h. bis zur Meilerkohle treiben müsse, um dasselbe Resultat zu erhalten. Schon früher hat Berthier diese Wahrheit angedeutet, welche neuerdings Sauvages durch eine Reihe interessanter Versuche bewies. Es hat derselbe

5 gleiche Mengen lufttrockenes Holz nach einander in einem Ofen verkohlt und den Prozeß jedesmal zu einer andern Zeit unterbrochen, um die ungleichen Graden der Verkohlung angehörigen Produkte auf Gewichts- und Maß-Verlust und die Menge der brennbaren Theile zu untersuchen. — Er fand, daß

100 Pfd. Holz nach	3 St.	4 St.	5 St.	5½ St.	6½ St.	als Meilerk.
wogen	65,4 P.	53 Pfd.	47 Pfd.	41,5 P.	39,1 P.	17,2 Pfd.
und 100 C. F. maßen	86 C. F.	76 C. F.	58 C. F.	55 C. F.	52 C. F.	33 C. F.

endlich erhielt an brennbaren Theilen:

1 C. F. Holz	. . . .	908	Gew.-Theile
1 „ „ „	3 Stunden gekohlt	883	„ „
1 „ „ „	4 „ „	904	„ „
1 „ „ „	5 „ „	1133	„ „
1 „ „ „	5½ „ „	1091	„ „
1 „ „ „	6½ „ „	1136	„ „
1 „ Meilerkohle	. . . .	1069	„ „

Man sieht daraus, daß die Menge der brennbaren Theile für gleiche Volume schon bei 5½ Stunden verkohltem Holze nicht mehr zunehmen, daß weiteres Glühen einen absoluten Verlust ohne Ersatz verursacht, und daß es mithin vortheilhafter seyn müsse, die Verkohlung schon vor der Bildung der Meilerkohle abzubrechen, was man denn in der Praxis bereits angefangen hat zu thun. Man nennt Holz der Art, welches nicht vollkommen, sondern nur bis zum Maximum seiner brennbaren Theile im Volumen verkohlt wurde, Rothkohle (charbon roux). In Frankreich und Belgien, wo die neue Kohle schon Eingang gefunden hat, bedient man sich einer

Art Meilerverkohlung zu ihrer Darstellung, welche nicht ganz auf demselben Prinzip, wie die gewöhnlichen, beruht. Die Meiler sind haufenartig, langgestreckt, über einem mit Eisenplatten bedeckten, horizontal im Boden angelegten Kanal aufgerichtet. Die heißen Gasarten einer an einem Ende desselben gelegenen besondern Feuerung werden durch die Bewegung einer Ventilators genöthigt, sich in den Kanal und von da (durch einen Schlitz oder Längsspalte in der ganzen Länge der Eisenplatten) in die Masse des darüber geschichteten Holzes zu verbreiten, welches dadurch erhitzt, trocken destillirt. Aeußerlich ist der Haufen mit einer Erddecke versehen, mittelst welcher man den entweichenden Gasarten den Austritt da erlaubt, wo man die Hitze hinleiten will, und da versperrt, wo man das Gegentheil wünscht. Man regulirt also den Gang, wie bei dem gemeinen Meiler, mit der beweglichen Decke. Erfahrung und Uebung müssen den Arbeiter lehren, dieses auf Meiler angewendete Prinzip der Schwarz'schen Ofenverkohlung in einer Weise zu handhaben, welche möglichste Gleichförmigkeit des Produkts bedingt. Die Einführung der Rothkohle ist für einen Staat darum von großer Wichtigkeit, weil dadurch ein Wenigerverbrauch des Holzes entsteht, dessen Seltenheit ohnehin immer zunimmt. Die hervorragendste Schwierigkeit, welcher die Praktiker bis jetzt dabei begegnet sind, ist die vollkommene Gleichförmigkeit des Produkts seiner chemischen Beschaffenheit nach, von welcher die Wirksamkeit abhängt. Ist diese nämlich wechselnd, so wird z. B. der Hüttenmann über die richtige Quantität Brennstoff, welche er anwenden muß, gänzlich in Ungewißheit bleiben.

---

b) Fossile, künstliche Brennstoffe.

VII. Kapitel.

Verkohlung des Torfes (Torfkohle).

Schon um das Jahr 1735 wurde durch v. Lange und v. Zanthier die Torfverkohlung am Harze in cylinderförmigen eisernen Oefen versucht. Der Dampf (dessen Essigsäure) griff das Eisen an, und sie wurden wieder aufgegeben. In Schweden wurde die Verkohlung in Theerofen versucht, aber der Aufwand für die Heizung kam zu hoch. Im Fichtelgebirg wurde im Jahre 1822 ein Verkohlungsofen von Steinen errichtet, worin der Torf wie in Meilern verkohlt wurde; die Ofenmauern, in welchen Feuer- und Zuglöcher angebracht waren, bildeten die Decke. Diese Verkohlungsart wurde wieder aufgegeben, wahrscheinlich als zu kostspielig. Jetzt verkohlt man Torf sowohl in Meilern als Oefen mit dem besten Erfolge.

Die Verkohlung des Torfes wird durch zwei Umstände sehr wesentlich erleichtert. Die rechtwinklige Form der Torfziegel erlaubt nämlich, beim Aufsetzen jene Zwischenräume zu vermeiden, welche in Holzmeilern so nachtheilig wirken, und die geringere Entzündbarkeit der Torfkohle erfordert eine weniger genaue Beaufsichtigung des Ganges der Operation und macht es möglich, Meiler von viel geringerm Umfange mit Vortheil zu verkohlen.

a) Verkohlung in Meilern. — Die Verkohlung des Torfes in Meilern ist den anderen Verkohlungsmethoden (in Oefen ꝛc.) vorzuziehen, wenn es nur darauf ankommt, mit wenig Kosten gute Kohlen zu erzeugen. Man richtet im

Allgemeinen die Torfmeiler, wie die des Holzes. Wird der Torf in der Nähe des Moors verkohlt, wie es gewöhnlich geschieht, so wird die Stätte mit einem Roste von Stangen- oder Knüppelholz (einer Ausbrückung) versehen und diese am besten mit Lösche, oder, wenn diese mangelt, mit Erde bedeckt, damit die Brückhölzer nicht mit verkohlen, sondern für die Dauer der Verkohlung brauchbar bleiben. Eine solche Stätte hat gewöhnlich 22 — 24 Fuß im Durchmesser. Ist der in der Mitte errichtete Quandelpfahl am untern Ende mit dem nöthigen Zündholze versehen worden, so stellt man um denselben die Torfziegel in koncentrischen Reihen auf den Kopf so dicht als möglich und spat 4 Zündgassen aus, die auf der Basis des Meilers ein + bilden. Die Bedeckung des Meilers ist dieselbe, wie bei der Holzverkohlung, nur wird die Haube erst wenn der Meiler in Brand gesetzt ist aufgetragen. Oben bleibt dann eine unbedeckte Stelle von etwa 1 Fuß in Durchmesser. Die Entzündung des Meilers geschieht von unten durch eine seiner Zündgassen. Ist bei der Entzündung ruhiges, windstilles Wetter, so bleiben die Zündgassen alle 4 geöffnet, ist es aber windig, so werden die Zündgassen nach dem Winde hin verstopft und das Feuer von den entgegengesetzten Seite eingebracht. Schlägt das Feuer aus der unbedeckten Stelle der Haube, so erhält auch diese eine Decke und und es werden rings um die Haube Oeffnungen von geringem Durchmesser eingestochen. Der Torf erfordert im Vergleiche mit Holz stärkeren Luftzutritt, die Behandlung während der Operation ist im Ganzen dieselbe. Das Gaarsein der Kohle, das zuerst in der Haube erfolgt, erkennt man an der Beschaffenheit des Rauchs, der aus den Raumlöchern entweicht, oder an der Leichtigkeit, mit welcher sich die gekohlten Torfstücken mittelst eines eisernen Spießes durch-

stechen lassen. Nach beendigter Verkohlung — die, wenn der Meiler in der Haube gaar gekohlt ist, mittelst tieferliegenden koncentrischen Reihen von Zuglöchern, rings um den Meiler in der Decke, nach unten bis zum Fuße des Meilers geleitet wird — bedeckt man den Meiler mit breiartig angemachtem Lehme, oder, in Ermangelung dessen, mit dichten filzigen Rasenstücken und löscht so das Feuer im ganzen Meiler. Beim Ausstoßen des Meilers wirft man den hart gewordenen Lehm in eine Grube, befeuchtet ihn mit Wasser und bewahrt ihn zu neuem Gebrauche auf. — Auf der, 22 — 24 Fuß im Durchmesser haltenden Stätte setzt man Meiler auf, die, je nach dem Umfange der Torfstücken oder der beabsichtigten Größe des Meilers, 1500 bis 2000 und 2500 Kubikfuß Inhalt haben und aus 6 — 10000 oder auch 25 und 30tausend Torfziegel bestehen. Einen Meiler der größten Dimension setzen 2 Arbeiter in 5 — 6 Tagen auf und er bedarf 10 Tage zur Verkohlung. Dem zum Verkohlen bestimmten Torfe giebt man gern etwas größere Dimension, als der gewöhnliche Torf zum Brennen erhält; auch muß er vollkommen trocken seyn. Meiler des angegebenen Umfangs ergeben aus nicht ganz lufttrocknem Torf 24 % dem Gewicht und 27 % dem Volumen nach, aus lufttrocknem 27 Gewicht und 32½ Volumen %, aus frisch gestochenem Pfungstädter Torf 30 Gewicht und 29 Volumen %; aus vorzüglichem, ganz trocknem 35½ Gewicht und 49 Volumen %. In Siegenschen erhielt man aus sehr gutem Torf 23 % dem Gew. und 40 dem Vol. nach. Im Kleinen bei Versuchen ist die Ausbeute größer, zuweilen bis 40 % des Gewichts. Viele Schwierigkeit verursacht das Ziehen und Löschen der Torfkohlen, welches alsdann vorgenommen wird, wenn der Meiler eine Zeit

lang sich abgekühlt hat, weil die Kohlen sich leicht zerbröckeln und dadurch untauglich werden.

Soll der Torf in Gruben verkohlt werden, so gräbt man ein rundes Loch von 3 Fuß im Durchmesser und 3 Fuß tief in die Erde, legt dieses mit Torf dergestalt aus, daß die Mitte oder die Axe des cylindrischen Loches leer bleibt und einen kleinen Schacht von etwa 6 Zoll im Durchmesser bildet. Das Loch wird auf diese Art ganz gehäuft voll gefüllt, und der Torf durch den Schacht unten auf der Sohle (woselbst einige leicht feuerfangende Materialien liegen müssen) in Brand gesteckt. Wenn der Torf etwa 4 Stunden im Feuer gewesen, so pflegt die Flamme oben schon durchzubrechen, so wie sich auch die über der Erde liegenden Torfstücke zu senken anfangen. Dies ist ein Zeichen der nahenden Gaare, weshalb man die Grube nach einiger Zeit mit Rasen zudeckt und diesen mit Sand bewirft, um das Feuer zu ersticken. Nach 24 Stunden pflegt das Feuer schon ganz erloschen zu seyn; indeß ist es nicht möglich, daß der Torf auf diese Art ganz durchkohlen kann, sondern es bleiben immer noch Brände zurück, weil keine Direktion des Feuers möglich ist, weshalb auf der einen Seite in der Grube schon ein völliges Verbrennen oder Veraschen stattfinden kann, wenn auf der andern Seite noch rohe Torfstücke vorhanden sind.

b) Verkohlung in Oefen. — Die Anwendung der Oefen gewährt keine höhere Ausbeute, aber eine mehr sichere Leitung des Feuers und ist bei Torf darum geeigneter, weil derselbe immer an derselben Stelle (seinem Lager) genommen wird und man nicht nöthig hat, wie im Walde, dem Holzschlag nachzugehen, oder Transporte zu tragen. In der Gewehrfabrik zu Oberndorf in Würtemberg hat man Verkohlungsöfen, welche eine mehr als 10jährige Erfahrung für

gut befunden hat; eiu solcher ist in Fig. 4 abgebildet. Er hat die Gestalt eines stehenden Cylinders, oben mit einem Kugelgewölbe geschlossen, und bei 9 Fuß Höhe und 5$^1/_2$ Fuß Durchmesser im Lichten, 189 C. F. Inhalt. Der eigentliche Ofen b ist von einer zweiten Mauer, dem Mantel a a, umgeben, so daß ein Zwischenraum c c bleibt, welcher bis zur Höhe der Kuppel i mit Sand, als einem schlechten Wärmeleiter, ausgefüllt wird. Beide Mauern sind von Backstein, jede einzelne, so wie der Raum c 15 Zoll dick, so daß die ganze Umfassung des Ofens 45 Zoll Stärke hat. d d sind (alle 3 Fuß seit- und aufwärts) durchgehende Steine, um den beiden Mauern mehr Halt zu geben. Ueber der Sohle des Ofens liegen 3 Reihen Zugöffnungen, eingemauerte Stücke von alten Flintenläufen, welche mit Flaschenstöpseln verstopft werden können. Die Thüre zum Kohlenziehen ist durch die gußeiserne Platte f verschließbar; das eiserne Thürgewand tritt nach außen vor und kann nach vorn durch ein vorzuschiebendes tannenes Brett e verschlossen werden, um alsdann den Raum m von oben durch g mit Sand zu füllen. Beim Einsetzen läßt man in der Axe des Ofens einen Kanal zum Anzünden frei. Im Anfange sind die Einsatzröhren i und die unteren Zuglöcher offen; sobald der Torf durch diese weißglühend erscheint, werden sie geschlossen und die oberen geöffnet. Wenn aller Rauch aufgehört hat, müssen alle Oeffnungen geschlossen, m mit Sand gefüllt und i fußhoch damit überdeckt sein, was etwa nach 40—48 Stunden geschieht, worauf der Ofen 6—7 Tage erkaltet. Damit keine Unterbrechung stattfindet, betreibt man 10 solcher Oefen nebeneinander.

Die Torfkohlen gehören ihrem Heizvermögen nach unter die besten Brennstoffe, sind aber zu gleicher Zeit mit Eigen-

schaften begabt, welche ihre Anwendung in den meisten Fällen verbieten. Wenn 100 Pfd. Torf mit 21 Pfd. Aschengehalt durch Verkohlung 47 Pfd. Ausbeute geben, so werden diese 47 Pfd. Torfkohlen 21 Pfd. Asche, d. h. 45% enthalten, welche theils durch ihre Menge, theils dadurch, daß sie in Fluß geräth und chemisch auf die zu erhitzenden Gegenstände einwirkt, die Arbeit, z. B. das Schmieden, hindert. Da die meisten Torfe reich an Asche sind, so muß diese Anhäufung in deren Kohlen doppelt beträchtlich sein und einen großen Theil der Torfe von der Verkohlung ausschließen. Ein anderer Nachtheil der Torfkohle ist ihre äußerst mürbe Beschaffenheit, in Folgen deren sie sehr bald in unbrauchbaren Grus zerfallen. In hohen Schmelzöfen z. B. findet dies Statt durch den Druck der aufliegenden Erzschichten; daher ihre Anwendung nur in offenem Kessel- und Schmiedefeuer angeht. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man wegen dieser geringen Festigkeit Transport der Kohlen ganz und gar vermeiden müsse und daß es stets gerathener ist, die Verkohlung da vorzunehmen, wo man die Kohlen braucht. Die Menge des strahlenden Wärmestoffs, welche die Torfkohle bei ihrer Verbrennung entwickelt, ist sehr beträchtlich, nämlich $\frac{1}{3}$ der ganzen Wärme.

VIII. Kapitel.

Verkohlung der Braunkohlen (Braunkohlenkoaks).

Am wenigsten unter allen Brennstoffen sind die Braunkohlen zum Verkohlen geeignet, obgleich dieselben an und für

sich mit derselben Leichtigkeit zersetzt werden als Holz, und ihre Kohlen nicht so leicht entzündlich sind. Alle erdigen, mulmigen, mit viel Thon oder Kieselerde beladenen Braunkohlen, ferner die ordinäre Holzbraunkohle, welche kein oder wenig Bitumen hat, die Schiefer- Blätter- und Moorkohle, kurz alle nicht sehr bituminösen und von fremden und erdigen Beimengungen freien Braunkohlenarten, geben keinen Koak. Die etwas bituminösen Holzbraunkohlen können zwar verkohlt werden, aber das Produkt ist so leicht, daß sie für die Zwecke der Koak- und Kohlenanwendung nicht taugen. Nur die beste, auf dem Querbruche wachs- oder pechartig erscheinende, sehr bitumenreiche Holzbraunkohle und die vortreffliche Pechkohle, wie sie z. B. auf der Rhön und im Meißner gewonnen werden, sind zur Verkohlung vortheilhaft geeignet, und sie geben einen Koak, der jenem der backenden Steinkohle an Silberglanz, Farbe, Porosität, Festigkeit und technischer Brauchbarkeit nahe oder gleichkommt. Die zu gewinnende Koakmenge aus solcher Braunkohle ist jedoch über $\frac{1}{3}$ geringer, als aus guter Steinkohle, weil die im halbverkohlten Zustande befindliche Braunkohle 15 bis 22 Gewichtsprocent mehr Sauerstoff hat, als die Steinkohle, und dieser sich beim Verkohlungsprozeß mit dem Wasserstoff vereint als Leuchtgas verflüchtigt. Diese Quantität an Koak ist zu gering, um einen erträglichen Preis zu bedingen*). In der Nähe von Kassel, wo die Umstände günstiger sind, wird die Verkohlung in Meilern wirklich betrieben, doch nur in geringem Umfange.

Im Kleinen angestellte Versuche mit Braunkohlen, wobei man dieselben in verschlossenen Tiegeln glühte, bis keine Dämpfe mehr entwichen, gaben folgende Ausbeute:

*) Ein Centner frische Kohlen kostet 17 kr., ein Centner verkohlte 2 fl. 30 kr.

	100 Theile.	% Kohle.
	Erdige Kohle von Dax	49,1
	„ „ Bouch. d. R.	41,1
	„ „ Basses-Alpes	45,5
	Lignit „ Griechenland	38,9
	„ „ Köln	36,1
	„ „ Island	57,5
Linkes Rheinufer bei Düren.	„ „ der Raddergrube	41,6
	„ „ „	49,7
	„ „ Gr. Urwelt	44,3
	„ „ „	43,9
	„ „ „	51,3
	„ „ Friesdorf	28,2
	„ „ „	48,2
	„ „ „	46,8
	Erdige „ Utweiler	68,2
	„ „ Raddergrube	48,3
	„ „ „	46,4
Rechtes Rheinufer bei Bonn.	Lignit „ Pützthim	46,4
	„ „ „	44,7
	„ „ „	51,0
	„ „ Stößchen	29,1
	„ „ „	40,6
	„ „ Orsberg	62,8
	„ „ „	68,4
Böhmen.	„ „ Außig	40,1
	„ „ „	40,0
	„ „ Hügendorf	41,2
	„ „ Neundorf	38,4

	100 Theile.	% Kohle.
	Lignit von Caulang	38,1
	„ „ Jahnsdorf	32,8
Böhmen.	„ „ Paredal 1.	39,6
	„ „ „ 2.	40,7
	„ „ „ 3.	42,0
	„ „ Antoni-Zeche	40,0
	„ „ Wellonitzer Br.	35,9
	„ „ Nemtschauer Br.	34,7
	„ „ Hartenberg 1.	37,2
	„ „ „ 2.	34,6
	„ „ Kanden	37,5
	Pechkohle „ Grünlat	37,2
	Erdkohle „ Hartenberg 1.	42,1
	„ „ „ 2.	48,4
	„ „ „ 3.	36,8
	„ „ „ 4.	39,0
	Pechkohle „ „ 1.	43,9
	„ „ „ 2.	40,3
	Erdkohle „ Soaz	46,4
	Pechkohle „ Reichenau	38,1
	„ „ „	29,3
	„ „ Abtsattel	40,3
	„ „ „	35,0
Bayer. Obpfalz.	Erdige; „ Berau	35,6
	Lignit „ „	46,0

Die vergleichsweise Seltenheit der verkohkenden Braunkohlensorten, welche, wo sie vorkommen, schon im rohen Zu-

stande das trefflichste Brennmaterial abgeben, hat bis jetzt die Anwendung von Braukohlenkoaks sehr beschränkt.

IX. Kapitel.

Verkohlung der Steinkohlen. (Steinkohlenkoaks.)

Die Kohle, welche bei der Zersetzung der Steinkohle durch Hitze zurückbleibt, wird im gewöhnlichen Leben (nach dem Englischen) Coak oder Kohk genannt. Inwiefern die Steinkohlen sich dabei auf verschiedene Art verhalten und Kohks von sehr abweichender Natur geben, ist schon früher angeführt worden. Man verkohkt gewöhnlich nur die unter den Namen Backkohlen und Sinterkohlen bekannten Arten, die Sandkohlen aber nur nothgedrungen, in gehöriger Vermengung mit Backkohlen. Die backenden Kohlen erweichen bei der Zersetzung und hinterlassen eine Kohle mit mehr oder weniger deutlichen Spuren der Schmelzung. Weil nun in diesen Brennstoffen der Sauerstoffgehalt sehr zurücktritt und es hauptsächlich der Wasserstoff ist, welcher in der Hitze den Kohlenstoff mit fortführt, so hat man geglaubt, dem Ueberwiegen dieses über jenen die Fähigkeit des Backens zuschreiben zu müssen. Allerdings vermögen 12,5 Wasserstoff eben so viel Kohle zu binden, als 100 Sauerstoff, aber das Verhalten der Kohlen in der Hitze hängt nicht lediglich von dem Vorwalten des Wasserstoffs über den erstern ab, wie die folgenden Beispiele aus Regnault's Analysen zeigen, bei wel-

chen derselbe die Natur der Coaks sehr genau beschrieben hat. Die Formeln geben das aus denselben berechnete Verhältniß der Aequivalente:

		Verhältniß des H : O
Anthracit von Balduc, Sandkohle	$= 80\ C + 44\ H + O$	44 : 1
Steinkohle von Blauzy, Sinderkohle	$= 80\ C + 64\ H + 6\ O$	10,7 : 1
Kannelkohle v. Lanashire, Sinterkohle	$= 89\ C + 64\ H + 3\ O$	21 : 1
Steink. v. Mons (flenû), Backkohle	$= 80\ C + 120\ H + 5\ O$	24 : 1
Steink. von Grand croix (maréchal) höchst backend	$= 80\ C + 56\ H + 3\ O$	18,7 : 1

Wie man sieht, nimmt im Allgemeinen die Eigenschaft zu backen mit der Menge der beiden letzten Elemente zu, besonders dem Wasserstoff. Die Anthracite, beinahe nur aus Kohlenstoff bestehend, können als eine Art natürlicher, durch den Kohlenbildungsprozeß entstandener Kohks betrachtet werden. Obgleich der Wasserstoff bei den übrigen in dem Maße zunimmt, als sie in dem Feuer erweichen, so findet bei der letzten, welche diese Eigenschaft im höchsten Grade hat, das Gegentheil Statt, ihr Wasserstoff fällt gegen die Backkohle von Mons auf die Hälfte. Merkwürdigerweise ist bei der ebenfalls höchst backenden Kohle von Obernkirchen, noch dazu einer jüngern, dasselbe der Fall. Sie liefert ebenfalls einen schaumig geblähten Kohk und hat die Zusammensetzung $= 80 C + 52 H + 3 O$ oder $O : H = 1 : 17$. Die in Frage stehende Eigenschaft der Kohlen kann demnach nur in der Anordnung der kleinsten Theile ihrer Elementarbestandtheile, d. i. in ihrer

Constitution zu suchen sein, worüber die Wissenschaft noch nähere Aufklärung zu geben hat. —

Je weniger Asche eine Steinkohlenart beim Verbrennen hinterläßt und je weniger farbig dieselbe erscheint, desto mehr eignet sich letztere zum Verkohken. Ist die Asche roth gefärbt, so enthält die Kohle viel Schwefelkies und ist untauglich zum Verkohken; denn man gelangt nie dahin, allen Schwefel zu entfernen, oder die Verbindungen, die derselbe mit anderen, der Kohle mechanisch beigemengten Substanzen eingeht, zu verhindern. Nach Gauthier de Chaubry darf die zurückbleibende Schwefelmenge nicht über 4,5 bis 6,4 Prct. dem Gewichte nach betragen, wenn sie nicht hinderlich sein soll. Man verkohke daher keine zu kiesigen Kohlen, ebenso beachte man die fremden Einlagerungen, die Zerklüftungen derselben und verwerfe alle die Kohlen, welche sehr zerrissen und zerspalten sind.

Der Zweck der Verkohkung ist im Ganzen derselbe, wie der der Holzverkohlung, hat aber noch die besondere Bedeutung, daß man sich dabei für viele Fälle der Anwendung des schädlichen Schwefelgehaltes der Steinkohlen zu gleicher Zeit entledigt. Man hat in diesem Sinne die Verkohkung auch das Abschwefeln genannt. Die gewerbliche Praxis stellt an die zu gewinnenden Kohks zwei Hauptanforderungen, nämlich eine compacte Beschaffenheit (sie müssen ganze Stücke, keinen Grus oder Lösche bilden), und eine gewisse Festigkeit, d. h. sie dürfen unter einem gewissen Druck (in den Hochöfen) nicht zerknirscht werden. Von beiden hängt die Wahl des Verkohkungsmaterials ab, Sandkohlen werden aus dem ersten, zu stark backende Kohlen aus dem letzten Grunde verworfen werden müssen; die letzteren zerfallen nämlich, weil ihre Blasen zu groß und die Wände derselben zu leicht eingedrückt

werden. Die Erfahrung hat übrigens gelehrt, daß die Weichheit der Kohks auch von der Art der Gewinnung abhängt und durch diese verbessert werden kann. Wenn man nämlich die Verkohlung unter dem Druck einer starken Löschdecke z. B. vornimmt, so werden die Blasen, welche in der erweichten Kohle sich bilden, nach der Entweichung des Gases, welches ihre Entstehung veranlaßt, sogleich wieder zusammengedrückt und dichtere Kohks gebildet werden. Am besten wählt man Backkohlen, welche sich den Sinterkohlen nähern, um taugliche Kohks zu erhalten.—

Weil die Kohks aus der Steinkohle zu ihrer Darstellung eine größere Hitze erfordern, als die Kohlen aus dem Holze, weil die Kohks ferner größtentheils dasselbe Volumen behalten, welches die Steinkohlen hatten, bei backenden Steinkohlen sogar noch an Volumen zunehmen, folglich die Nachtheile des Schwindens nicht veranlassen, welche das Verkohlen des Holzes so sehr schwierig machen, und weil die Kohks zugleich, wegen des dichtern Gefüges oder wegen des halbgeschmolzenen Zustandes der Kohle, schwer entzündbar sind und nicht so leicht verbrennen, als die Holzkohlen; so erfordert das Verkohlen der Steinkohlen nicht so viel Aufmerksamkeit, als das des Holzes, indem ein stärkerer Luftzutritt einen geringeren Verlust von Kohle nach sich zieht, wie beim Holze. Einige Steinkohlenarten, nämlich alle zu den Sinter- und Sandkohlen gehörenden Steinkohlen machen sogar einen stärkern Luftzutritt nothwendig, um das Feuer im Brande zu erhalten. Die Sandkohlen, mit einem zu großen Kohlengehalt, sind zum Verkohken in der Regel schon wegen ihrer starken Verklüftung nicht sehr anwendbar, aber sie werden es noch weniger dadurch, daß sie wegen ihrer Schwerentzündlichkeit einen sehr starken Luftzug erfordern, um gar zu bruənen,

wobei ein großer Theil der Kohle verbrannt und verascht wird.

Das Verkohken selbst geschieht sowohl in Meilern und Haufen, als auch in Oefen. Jede dieser verschiedenen Methoden hat ihre Vor- und Nachtheile, und ihre Anwendung hängt von der Beschaffenheit der Steinkohlen und Kohks, welche man darstellen will, ab.

Die älteste und noch immer sehr gebräuchliche Methode ist die der Meiler oder Haufen, bei welcher die Operation aber ganz anders gehandhabt wird, als bei den Holzmeilern. Eine eigentliche Decke wendet man nicht an, sondern verkohkt anfangs mit freiem Luftzutritt und gibt erst dann einen Ueberzug von Lösche, wenn die bereits vollendete Bildung von Kohks Abschluß der Luft und das Einschreiten des Köhlers erfordert. Zur Verkohkungsstätte wird ein geräumiger ebener und trockener Platz gewählt, lockerem Boden eine ½ Fuß dicke Decke aus Lehm und Staubkohlen gegeben, oder mit Ziegelsteinen gepflastert, wie A A (Fig. 6 u. 7) zeigt. Die Stätte erhält im letzteren Falle eine geringe Neigung von der Mitte nach beiden Seiten.

Nach dem einen Längenende der Stätte zum andern wird in der Mitte eine Schnur gezogen und längs derselben von 2 zu 2 Fuß 24 — 30 Zoll lange und 4 — 5 Zoll starke Pfähle eingeschlagen. Dann werden die größten Kohlenstücke ausgewählt und zu beiden Seiten der durch die Schnur gebildeten Linie etwas gegen einander geneigt aufgestellt, so daß sich ein nach der Länge in der Mitte des Haufens fortlaufender Längskanal (Zündgasse) G O Fig. 7. bildet, der 6 — 7 Zoll Breite hat. An diese Reihen lehnen sich die folgenden von immer abnehmender Größe, aber so, daß Zwischenräume so viel als möglich vermieden werden. Die kleineren

Kohlen dienen zur Ausfüllung, die kleinsten zur Decke. Es ist wesentlich, die natürliche Schichtung der Kohlen zu berücksichtigen; sie müssen nämlich (mit dem Streichen des Flötzes verglichen) aufrecht, und mit den Ablösungsflächen senkrecht gegen die Meileraxe stehen. Parallel mit der ersten Reihe Kohlen, lehnt man eine zweite, daran eine dritte an u. s. f. aber mit stets abnehmender Größe der Stärke, bis die Lage zu beiden Seiten 6 Fuß mißt. Auf diese untere Lage wird der Haufen auf's Gerademohl, aber die größeren zuerst, die kleineren zu oberst, mit Kohlen aufgefüllt, etwa 2 Fuß hoch, und abgerundet. Um das Anzünden bequem bewerkstelligen zu können, zieht man die hervorragenden Pfähle B B heraus. Nachdem man sie herausgezogen hat, bleiben senkrechte Kanäle (C D), welche mit brennenden Kohlen erfüllt werden. Das Feuer verbreitet sich auf diese Art von hundert und mehr Punkten aus durch die Zündgasse. Sobald der Köhler an irgend einer Stelle des Haufens das Nachlassen des Qualms und der Flamme, oder gar ein Ueberziehen derselben mit Asche bemerkt, sucht er das Feuer sogleich durch Zudecken mit Lösche (E E) zu ersticken und fährt damit fort, bis gewöhnlich nach 2 bis 3 Tagen der ganze Haufen zuletzt unter Decke steht, um zu verkühlen. Nach der Windseite ist diese stärker, je nach seiner Heftigkeit. Dieses Verfahren ist einfach, aber nicht sonderlich ökonomisch; die Verbreitung des Feuers geht nämlich mehr von außen (eigentlich von oben) nach innen und abwärts, so daß die Kohlen oberhalb schon Kohks sein werden zu einer Zeit, wo das Innere des Haufens noch im Treiben begriffen den Abschluß der Luft mit Lösche verbietet, welchen die Außenseite schon verlangt. Während also das Innere noch verkohkt, wird schon ein Theil der fertigen Kohle außen an der Luft verzehrt, ohne daß man es hindern

kann. Eine etwas abweichende Methode der Meilerverkohlung, welche z. B. bei den Clyde-Eisenwerken in Schottland üblich ist, vermeidet diesen Uebelstand vollkommen.

Die Figur 8 stellt einen solchen Meiler vor; dieselben sind rund und werden den Holzkohlenmeilern ähnlich behandelt. Man mauert ein für allemal auf der Kohlenstätte einen kegelförmigen, etwa 3 bis 4 Fuß hohen Kamin, unten 3 Fuß weit aus Backsteinen, indem man von Zeit zu Zeit einen Ziegel wegläßt, so daß dadurch am ganzen Umfange und der ganzen Höhe eine Anzahl Oeffnungen A A ausgespart bleiben, durch welche das Innere des Kanals mit der rings aufgehäuften Kohlenmasse in Verbindung bleibt. Die schweren Kohlenstücke kommen zunächst um die Esse, die kleineren nach außen, wodurch der Meiler sich abrundet, und man hat Sorge, daß von den Oeffnungen A A aus entsprechende Züge oder Gassen nach dem Umfang hin beim Aufsetzen der Kohlen frei bleiben. Die Böschung des Meilers darf nicht zu stark sein, damit die Decke und Asche, welche man sogleich auflegt, gehörig Halt bekommt. Der Meiler in der Figur hat auf 20 Fuß Durchmesser etwa $4^1/_2$ Fuß Höhe, so daß er mit der Decke die Esse um einige Zoll überragt. Das Anzünden geschieht durch die Esse mittelst hineingeworfener brennender Kohlen, welche das Feuer allmählich durch AA dem Meiler mittheilen, also von unten und der Mitte aus, was wesentlich ist. Um den Fuß des Meilers herum werden Räume eingestoßen, durch welche die Luft einstreicht, um durch die Esse zu entweichen. Allmählich nach 4 bis 5 Tagen hat die Glühhitze die Oberfläche erreicht und wird durch die Decke hindurch bemerkbar; alsdann verschließt man die Essenmündung mit einer eisernen Platte und die Räume, um nach 3 Tagen die Kohks zu ziehen. — An anderen Orten, wo man

dieselben Meiler hat, leitet man dieselben anders und zwar ähnlich, wie die zu Anfang beschriebenen Haufen. Der Meiler hat dann anfangs keine Decke, und die Esse wird unmittelbar nach dem Anzünden mit der Eisenplatte geschlossen. Die Flamme dringt dann durch den Meiler selbst, genährt durch die Luft, welche überall freien Zutritt hat. So wie die Flamme irgendwo aufhört, deckt man mit Lösche und so fort über den ganzen Meiler. Die Hitze, welche derselbe nun erreicht, ist hinreichend, um die letzten Antheile Theer und Dämpfe abzutreiben, welche durch die nunmehr geöffnete Esse als röthliche Flamme entweichen. Hat diese aufgehört, so bedeckt man auf's neue und läßt den Meiler verkühlen. Der Haufenverkohkung gegenüber hat man stets den Vortheil, daß die Verkohkung von innen nach außen fortschreitet, also nicht wie bei dieser. —

Die Verkohkung in Oefen wird von Vielen als weit ergiebiger betrachtet. Alle Oefen, bei deren Gang man nur auf Kohks (und nicht Theer und Gas) reflectirt, arbeiten mit Luftzutritt, niemals mit besonderer Erhitzung von außen. Eine der gebräuchlichsten Einrichtungen gibt die Figur 9 im Aufriß und Figur 10 im Grundriß; beide stellen einen Kohkofen von Northumberland- und Lemington-Eisenwerken am Tyne vor. Die Zeichnung stellt eigentlich vier Oefen dar, welche man, um Mauerwerk zu ersparen und die Wärme mehr zusammenzuhalten, aneinander gekuppelt hat. Der einzelne Ofen ist ein viereckiger, oben gewölbter Raum aus Backsteinen, 10 Fuß tief, 12 Fuß breit, so daß die Sohle 120 F. im Geviert mißt, und 10 Fuß hoch. Die Gesammtstärke der Mauer ist zwei Fuß, die innere Bekleidung von feuerfesten Steinen eingerechnet. Ein Rost oder dergleichen ist nicht vorhanden; dagegen befindet sich im Mittel-

punkte des Gewölbes a eine $2\frac{1}{2}$ Fuß weite Oeffnung und eine zweite b b am Boden in der Vorderwand zum Eintragen der Kohlen, welche mit einer Thür versehen ist und 3 Fuß in's Geviert hat. Die Oeffnung a ist mit einem eisernen Ringe, die Oeffnung b aber mit einem eisernen Gewand versehen, welches nach außen einen Falz c bildet, worin sich die Thüre bewegt. Diese ist ein mit Backsteinen ausgemauerter eiserner Rahmen, welcher als Schieber in c geht und bei d aufgehängt, durch den Hebel e und seine Kette f bewegt wird. In der Mauerfüllung der Thüre sind eine Anzahl Zugöffnungen g g angebracht; häufig scheinen diese zu fehlen, alsdann sind nämlich die Thürrahmen nicht ausgemauert, sondern mit Ziegeln lose zugesetzt, so daß die Fugen hinreichend Luft einlassen. Der erste Ofen der Figur zeigt eine andere, weniger bequeme Art, die Thüre zu handhaben. Die Arbeit in solchen Oefen geht Tag und Nacht mit keiner andern Unterbrechung, als derjenigen, welche etwaige Reparatur erforderlich macht, und beginnt mit der Beschickung des Ofens. Durch die offene Thüre bb werden 2 Tonnen = 40 Centner Kohle per Ofen eingetragen, welche gerade bis zur Basis des Gewölbes reichen (also einen Raum zum Aufblähen frei lassen) und oben mit der Krücke ausgebreitet. Sobald die Einsatzthüre niedergelassen wird, fangen die Kohlen Feuer, und ein dichter Qualm dringt aus der offenen Gewölbeöffnung, welche erst gegen das Ende geschlossen wird. Man muß sich nämlich erinnern, daß der Ofen — stets im Gange — einen Augenblick zuvor erst die fertigen Kohks der vorhergehenden Operation entzogen bekam, also die neue Beschickung vollkommen rothglühend empfing. Die Hitze der Wände ist es also, welche die Kohlenmasse von allen Seiten entzündet, eine Hitze, welche aber nicht hinreichen würde, die ganze Masse der

Kohlen abzutreiben. Die Operation wird aber dadurch weiter getrieben, daß sogleich die Luft von außen her durch die Oeffnungen gg einströmt, die Kohlendämpfe entzündet und dadurch die Temperatur im Innern auf der erforderlichen Höhe erhält. Nach 3 Stunden ist die Lebhaftigkeit des Feuers so weit gestiegen, daß man genöthigt ist, die untere Oeffnung gg zuzustreichen, um den Zutritt der Luft zu mäßigen, welche fortwährend bei gg ein und bei a ausstreicht. Nach 24 Stunden, vom Anfange gerechnet, also am zweiten Morgen nach dem üblichen Gange, verstreicht man auch die oberen Zuglöcher; der Ofen bleibt alsdann noch 12 Stunden mit offener Gicht a stehen, während welcher Zeit der Rest der Gase und Dämpfe aus den Kohlen durch die vorhandene Hitze ausgetrieben wird und als Flamme oben ausschlägt. Wenn diese aufhört, schließt man a mit einer Eisenplatte oder mit Steinen, welche außen mit Sand bedeckt werden, um das Feuer während der 12 folgenden Stunden einigermaßen zu dämpfen. Im Ganzen gehen vom Einsetzen bis zum Ziehen der Kohks 48 Stunden hin; es ist von selbst einleuchtend, daß der Ofen alsdann noch in der Glühhitze ist, aber die Schwerverbrennlichkeit der Kohks erlaubt es, schon jetzt die Thüre aufzuziehen, um dieselben mit der Krücke in eiserne Karren zu schaffen, worin sie sogleich mit Wasser gelöscht und weiter gebracht werden. Mit dem letzten Zug Kohks beginnt man sogleich und so rasch als möglich wieder einzusetzen, worauf der beschriebene Vorgang sich wiederholt. Man sucht sich gern so einzurichten, daß an dem einen Ofen gezogen wird, während der andere im Treiben ist u. s. f., um die Arbeit gleichmäßiger zu vertheilen. —

Der Kohlenabgang an den Gruben, das sogenannte Grubenklein — auch Schrot, Fettschrot — an sich von sehr

geringem Werthe, kann durch Verkohkung sehr vortheilhaft zu Gute gemacht werden, wenn es von Backkohlen abstammt, weil die einzelnen Stückchen beim Erweichen zusammenhaften und einen ebenso zusammenhängenden Kohk liefern, wie die Stückkohlen.

Die zur Verkohkung bestimmten Staubkohlen werden, bevor man sie in die Oefen einträgt, gleichförmig mit Wasser angefeuchtet, und auf diese Verrichtung um so mehr Sorgfalt verwendet, je mehr Schwefel die Kohlen enthalten. Das Befeuchten hat nämlich zum Zwecke, die Verbrennung im ersten Augenblicke aufzuhalten und dadurch Entwickelung des Schwefels zu begünstigen. Die sich entwickelnden Wasserdämpfe machen die Kohks poröser, die Gase können besser entweichen, und die Verkohkung geschieht gleichförmiger. — Man wendet gewöhnlich Oefen von elliptischer oder kreisrunder Form an, giebt jedoch ersteren den Vorzug. Dieselben müssen geräumig genug sein, eine freie Entwickelung der flüchtigen Theile gestatten und nur einen schwachen Zug haben. Ein sehr brauchbarer Ofen zur Verkohkung des Grubenkleins ist der von Walter de Saint Ange, wie er zu Rive de Gier an der Loire erbaut wurde (Fig. 11).

Die Construktion ist der Hauptsache nach dieselbe, wie bei den gewöhnlichen Brodbacköfen, nämlich ein flach überwölbter Raum mit ebener Sohle ohne Rost, welcher durch die vorhergehende Operation erhitzt, dadurch die Entzündung der folgenden Beschickung gerade so bewerkstelligt, wie es bei dem Stückkohlen-Verkohkungsofen beschrieben wurde. Die Ofensohle ss ist oval, 11½ Fuß breit auf 22 Fuß Länge, aus einer 6 Zoll starken Thonlage gebildet, welche über eine Lage kleiner Steine tt ausgebreitet und geschlagen wird, um durch deren Zwischenräume der Feuchtigkeit einen Abzug zu

sichern. Das Fundament d enthält in seiner Mitte einen freien Raume DD, welcher mit Schutt oder Erde ausgestampft, der Ofensohle als nächste Unterlage dient. An den beiden schmalen Seiten des Ofens, einander gegenüber, befinden sich die Arbeitsöffnungen dd, 2,8 Fuß breit auf 2 Fuß Höhe, mit einem gußeisernen, in die Mauer eingelassenen Gewand versehen, worin sich die Thüre P als Schieber auf und nieder bewegt. Letztere bildet eine Art mit Backsteinen ausgemauerten flachen Kasten von Eisen, welcher mit der Thürseite nach innen eingesetzt wird, um der Hitze besser zu widerstehen. In der Mitte der Thüre bleibt eine Oeffnung o, durch welche der Arbeiter den Gang beobachtet. — Der größte Abstand des Gewölbes A von der Sohle ist in der Mitte und beträgt 4 Fuß. Im Mittelpunkt desselben befindet sich ein kleiner Schornstein H von 1,6 Fuß Durchmesser bei 1,8 Fuß Höhe. An der innern Seite des Ofens bei H und A ist das Mauerwerk aus feuerfesten Steinen mit Thon statt Kalkmörtel versehen; außen besteht es aus gewöhnlichen Steinen und ist oben mit einer Lage festgeschlagenen Mörtels versehen, welcher zuvor mit Sand übersiebt wurde; e sind Schwellen vor den Thüren, zum Auflegen der Krücken und Ausziehen der Kohks dienend, aus Stein- oder Eisenplatten.

Sobald die Kohks der vorhergehenden Operation gezogen sind, so beschickt man den noch rothglühenden Ofen ohne Verzug mit frischem Grubenklein, welches, wie schon erwähnt, feucht gehalten sein muß, so daß des sich leicht zusammen ballt. Sehr fette (backende) Kohlen dürfen höchstens 8 Zoll, halb fette Kohlen aber 10 Zoll hoch auf der Sohle ausgebreitet werden, was aber gleichmäßig geschehen muß, worauf man die Thüre schließt, bis auf einen schmalen Spalt, welcher unten für den Luftzug frei bleibt. Der Ofen faßt 60 bis 70 C. F. Kohle. Wenn die Hitze

des Ofens anfängt einzuwirken, was sehr bald der Fall ist, so entwickelt sich reichlich Wasserdampf mit Schwefel und brennbarem Gase. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man diese erste Periode der Verkohkung so sehr als möglich in die Länge ziehen müsse, wenn eine reichliche Ausbeute fallen soll; darum wendet man nur befeuchtetes Grubenklein an. Bei gutem Gange bringt man damit 2 Stunden zu, während der schwache Luftzug nur eben hinreicht, um den Qualm wegzuführen; alsbald läßt aber die Dampfentwicklung nach, und die brennbaren Gase, welche nun verhältnißmäßig häufiger auftreten, entzünden sich plötzlich mit einer Art Explosion; der gelbliche Qualm hört einen Moment auf, um dann in einen schwarzen Rauch überzugehen. In diesem Zeitpunkte glüht die Kohlenmasse bereits schwach kirschroth, und es wird nöthig, den Luftzug zu verstärken, um die Dämpfe und das Flüchtige noch vollends zu entwickeln. Es genügt zu dem Ende, die Thüre etwas weiter, auf 3 Zoll etwa, aufzuziehen. Sogleich erscheint die Gluth angefacht und eine düstere rußende Flamme schlägt aus dem Schlot. Nach drei Viertelstunden wird diese heller und weiß, und die Gluth hat sich dann fast über die ganze Kohlenmasse verbreitet, welche anfängt, sich zu verklüften und Risse zu bekommen, was man nicht stören darf; im Gegentheil warten die Arbeiter so lange, nämlich noch weitere drei Viertelstunden, bis die Spalten Zeit gewonnen haben, sich bis auf die Sohle zu erstrecken. Wenn dann der Ofen hellroth glüht, so schließt man die Thüre und verstreicht die Fugen mit Thon; die vorhandene Ritze reicht nun aus, die Verkohkung zu beendigen und den letzten Rest dessen auszutreiben, was zu verflüchtigen ist. Eine Zeit lang leckt die Flamme, welche mehr und mehr weißglüht, noch ziemlich hoch über den Schlot, mindert sich jedoch alsbald, wird im-

mer schwächer und droht zu ersterben, weil die Gasentwicklung im Innern vollkommen aufgehört hat. Würde man länger zögern, so würde mit dem nachlassenden Druck zuletzt die Luft durch den Schlot eindringen, weshalb man die Deckplatte desselben mehr und mehr verschiebt, um ihn zuletzt vollkommen zu schließen. Um keine Hitze zu verlieren, schreitet man nun so rasch als möglich zum Kohkziehen; die Thüren werden ohne Verzug aufgerissen, die Kohlenmasse mit Brechstangen aufgebrochen, mit Haken hervorgezogen und in die Karren geworfen, worin man sie mit Wasser besprengt, theils um sie schneller zu löschen, theils um noch einen Theil der übriggebliebenen Schwefelverbindungen zu zersetzen, was sich durch den Geruch (nach Schwefelwasserstoff) der Wasserdämpfe über den verlöschenden Kohks zu erkennen gibt. Der Ofen empfängt sogleich eine neue Beschickung und so ohne Unterbrechung fort. Jede Operation währt 24 Stunden. —

Die beschriebene Methode gewährt eine höhere Ausbeute, als irgend eine andere Verkohkungsart. Nach einem jährlichen Durchschnitt sehr genauer, in Rive de Gier angestellten Beobachtungen erhielt man 69 % Kohks; bei geringeren Kohlen und weniger Sorgfalt lassen sich immer nicht weniger als 60 bis 65% annehmen, während man sowohl aus Stückkohlen, als auch aus Grubenklein in dem Meiler nur 45 bis 50% und in den Haufen aus fetten Kohlen 40 bis 45% dem Gewichte nach erhält. Wasserstoffarme, wenig backende Kohlen geben natürlich mehr, und zwar gegen $\frac{1}{3}$. Nach allgemeinen Erfahrungen liefern die Oefen viel dichtere Kohks als die Meiler, diese dichtere als die Haufen; dessen ungeachtet geben die Kohlen in den beiden letzteren kaum ihr gleiches Volum, während sich dieses in den Oefen ungefähr im Verhältniß von 10 : 12 vermehrt. Dagegen finden die Hüttenleute

die Haufen- und Meilerkohks viel reiner von Schwefel, als die aus den Oefen, was zwar eine gewöhnliche, aber keineswegs nothwendige Folge von deren Anwendung ist, welche so viele ökonomische Vortheile gewährt.

Ein gutes Kohk muß durchaus weder Glasglanz noch Fettglanz haben, sondern das Ansehn des mattgesottenen Silbers und dabei nur einen schwachen Seidenglanz besitzen. Das Gefüge ist porös, feinblasig, nur bei sehr backenden Kohlen (Schaumburger z. B.) großblasig; im ersten Fall ist die Farbe hell eisengrau, im andern schwarzgrau. Farbenspiel sollen nur sehr schwefelreiche Kohks zeigen und wird nicht gern gesehen. Kohks von Sinter- oder Sandkohlen haben die Gestalt von größeren und kleineren rechtwinkligen und geschobenen Würfeln; die von Backkohlen sind in ihrer Gestalt aber um so unbestimmter, je mehr sich die Steinkohle beim Verkohken ausdehnen konnte. Die Kohks enthalten nur Kohle und den Aschengehalt der Steinkohle, der bei guten Kohks nicht über 5% betragen soll. Da der Aschengehalt der Holzkohle meist geringer ist, so besitzt sie bei gleichem Gewichte einen größeren Brennwerth, als die Kohks, welche dagegen wegen ihres bedeutend größeren specifischen Gewichtes bei gleichem Volum eine bedeutend stärkere Heizkraft entwickeln und vorzüglich zur Hervorbringung einer sehr intensiven Hitze in kleinem Raum dienen. Die Kohks aus Braunkohlen sind wegen ihrer blasigen Beschaffenheit leicht und porös, brennen viel leichter, und bei gleicher Vollkommenheit des Verbrennens bei einem viel geringeren Luftzuge, als die aus den Sinterkohlen erhaltenen, welche in der Regel dichter und schwerer sind; sie geben daher auch bei gleichem Gewichte mehr Hitze als letztere, und haben vor diesen den Vorzug. Die Kohks sind zu allen jenen Zwecken zu verwenden, in

welchen Holzkohlen gebraucht werden: in Windöfen, Schmelzöfen u. dergl. Außer durch größeren Aschengehalt unterscheiden sie sich in ihrer chemischen Beschaffenheit nicht von den Holzkohlen; sie haben nur ein dichteres Gefüge, enthalten daher unter gleichem Umfange mehr Kohlenstoff als die Holzkohlen. Aehnlich wie bei der Holzkohle ziehen die Kohks aus der Luft Wasser an, bei feuchtem Wetter bis 30%. Ueberhaupt ist es nicht gut, die Kohks lange aufzuspeichern, weil sie nach mehreren Wochen schon anfangen sehr mürbe zu werden. —

X. Kapitel.

Brennstoffsurrogate.

Zu den Brennstoffsurrogaten gehören die Lohkuchen, das Karboleïn, die Brennziegel (briquettes), Stroh, Rohr und Schilf.

a) Lohkuchen. Man bezeichnet hiermit die ihres Gerbstoffes beraubte, ausgelaugte Lohe. Wenn dieselbe längere Zeit der freien Luft ausgesetzt ist, so fängt sie an, im Inneren zu gähren und erleidet eine Zersetzung ihrer Bestandtheile, indem sie zugleich zu einer mulmigen, torfartigen Masse umgewandelt wird. Diese Masse kann nicht vortheilhafter, als zu Brennmaterial verwendet werden, zumal da die Zurichtung, die sie verlangt, um zur Anwendung bequem zu werden, eine höchst einfache ist. Die Masse erhält durch

Zugießen von Wasser (gewöhnlich dünnem Lehmwasser) und gehöriges Durcharbeiten eine steife breiartige Consistenz und wird in dieser Gestalt in beliebig groß geformte Kästchen gedrückt, auf Horden gestürzt und der atmosphärischen Luft und Sonnenwärme zur Trocknung übergeben. Bisweilen knetet man Sägespäne, Torfabfälle, Staubkohlen rc. unter die Masse, und sucht so diese sonst weniger brauchbaren Stoffe vortheilhaft zu benützen. Die Lohkuchen werden gewöhnlich von nicht allzugroßer Dicke angefertigt, sie verbrennen langsam, wenn nicht der Luftzug verstärkt wird, und geben deshalb eine mäßige Hitze, eignen sich am besten für Kessel- und Zimmerheizung, wie überhaupt für alle Zwecke, welche eine andauernde, mäßige und weniger rasche Wärmeentwicklung verlangen.

b) Karboleïn. Dieser neue, vom Russen Weschniakoff in Petersburg zuerst bereitete Brennstoff wird aus bituminöser Stein- oder Braunkohle gebildet, die zu unfühlbarem Pulver gemahlen, mit irgend einem Oele (Lein-, Hanf-, oder sonst einem Samenöl, oder flüchtigem Bitumen, Erdöl rc.) gemengt und dann durch sehr starken Pressendruck zu einer festen, kompakten, steinartigen Masse in Ziegelform vereinigt wird. Man kann das Karboleïn eine künstliche fette Kohle nennen, die durch den Druck in das geringste Volumen gebracht worden ist (weshalb es auch, trotz der Beimengung der leichteren Oele, specifisch um ein Sechstel schwerer ist, als die Steinkohle, aus welcher es bereitet wurde). Durch den Druck werden wahrscheinlich alle leeren Räume vollständig mit fettem Oele ausgefüllt. Man braucht 7 — 9 Pfund Oel zur Darstellung von 100 Pfund Karboleïn. In Bezug auf die Heizkraft dieses künstlichen Brennstoffes machte Dr. Kaiser mehrere Versuche. Nach dessen Versuchen mit Karboleïn,

englischer Steinkohle, böhmischer Steinkohle, bayerischer Braunkohle, Fichtenholzkohle und Buchenholz stellte sich folgendes Verhältniß ihres Wärmevermögens heraus:

Karboleïn	100
Englische Steinkohle .	128
Böhmische Steinkohle	108
Bayerische Braunkohle	84
Fichtenholzkohle . .	118
Buchenholz	66.

Man sieht daraus, daß die Heizkraft des Karboleïn von der der Steinkohle und der Fichtenkohle übertroffen wird. Dieses Brennmaterial findet hauptsächlich bei der Dampfschifffahrt seine Anwendung, weil es, leicht entzündlich, eine sehr heiße Flamme gibt, und in Folge seiner regelmäßigen Formen einen kleineren Raum einnimmt, als die unregelmäßig geformten Steinkohlen. Unbezweifelt wird die Fabrikation dieses Stoffes und dessen Anwendung dann eine große Rolle spielen, wenn eine wohlfeilere Herstellung der dazu nöthigen Oele gefunden ist, die im reichen, bis 50% steigenden Bitumengehalt einiger Braunkohlenarten wohl die beste Basis haben dürfte.

c) Brennziegel (Briquettes). Man nennt so eine Art von Ziegeln, die man anfertigt, indem man Kohlenklein von Braunkohlen, die in diesem Zustande nicht auf dem Rost verbrannt werden können, mit verdünntem Thon- oder Lehmwasser vermischt. Auf diese Weise werden auch verschiedene andere verbrennliche Abfälle, als der Staub von Holzkohle, Sägespäne, zerkleinerter Torf, ausgelaugte Lohe 2c. zu Brennziegeln geformt. Der Thon wird zu dem Ende so mit Wasser verdünnt, daß er einen sehr flüssigen Teig bildet, mit welchem man die brennbaren Abfälle in solcher Menge ver-

mengt, daß die Masse so fest wird, daß man dieselbe formen kann. Ehe sie jedoch nicht vollkommen trocken sind, darf man die Ziegel nicht gebrauchen. Die Menge des angewendeten Thons muß gerade hinreichend sein, um die Theile des Brennmaterials mit einander zu verbinden. Die Wärmemenge, welche durch die Verbrennung der Brennziegel entwickelt wird, läßt sich nicht bestimmen, weil dieselbe nicht allein von der Beschaffenheit und Menge des angewendeten Brennmaterials, sondern auch von der Menge des Thons und dem Wassergehalt, welchen die Ziegel noch nach dem Trocknen enthalten, abhängt. Jedoch kann man annehmen, daß die Wärmemenge, welche sie erzeugen können, beinahe gleich der ist, welche das Brennmaterial hervorbringt, aus welchem sie angefertigt sind, da im Allgemeinen der Wassergehalt sehr gering ist. Die Brennziegel verbrennen langsam, da ihre brennbaren Theile von dem Lehm theilweise umschlossen sind, der den unmittelbaren Zutritt der Luft hindert, und geben eine gemäßigte Hitze, die sich für Stubenöfen und Kamine eignet.

d) Gase. Man hat in neuerer Zeit brennbare Gase, welche sich in verschiedenen metallurgischen Prozessen im Großen entwickeln, zumal jene, welche durch die Gicht der Hoch- und Flammöfen entweichen, als Brennstoffe benützt. Man begreift sie unter dem gemeinschaftlichen Namen Gichtgase, sie sind ein Gemenge von Wasserstoff-, Kohlenwasserstoff- und Kohlenoxydgas ꝛc. Sie werden aufgefangen und in Röhren dahin geleitet, wo man sie benutzen will, und da an der Mündung der Röhren verbrannt. Auf diese Weise gewinnt man jetzt auf Eisenwerken häufig mit der aus den Gichtgasen entwickelten Flamme, welche man unter den Kesseln der Dampfmaschinen verbrennt, die Triebkraft für die

Gebläse, für die Walzwerke, für die Hämmer ꝛc.; ferner die Hitze für die Flammöfen und zum Frisch-Prozeß, für die Erhitzung der Gebläse-Luft, für das Trocknen oder Halbverkohlen des Holzes, Torfes ꝛc. Diese Anwendung der Gichtgase als Brennstoff ist ein reiner Gewinn jener Anstalten, welche sie früher gar nicht beachteten, und unbenützt fortgehen ließen. Minder häufig wird das Kohlenwasserstoffgas oder Leuchtgas als technisches Brennmaterial benutzt. Man gewinnt es bei der Verkohlung der Steinkohlen und des Holzes im Großen und wird manchmal zu Heizungen als Nebenprodukt verwendet. Es wird auf dieselbe Art, wie zum Leuchten, mittelst Röhren in oder unter die Gefäße geführt, welche durch dasselbe von innen oder von außen erhitzt werden sollen. Seine technische Anwendbarkeit ist, da es doch immer ein sehr theures Brennmaterial ist, nur auf diejenigen Prozesse beschränkt, wo man es als Nebenprodukt gewinnt und keine andere Verwendung dafür weiß.

Wie man in Oberitalien stellenweise nur Maisstengel, in vielen Provinzen Spaniens die Stengel von Ginster und dergleichen strauchartigen Gewächsen als Brennmaterial benutzt, so trifft man wohl auch Gegenden in Deutschland, z. B. in der Thüringer Ebene, wo man das Stroh, sowie das Rohr oder Schilf gedrungen als Ersatzmittel der gänzlich fehlenden oder doch übermäßig theueren Brennhölzer und fossilen Brennstoffe verwendet. —

XI. Kapitel.

Werth und Leistung der Brennstoffe

Schon die Erfahrung des täglichen Lebens lehrt, daß die verschiedenen Brennstoffe nicht in gleichem Grade der Entwicklung von Wärme (Hitze) fähig sind. Es ist daher von Interesse und Wichtigkeit, die Wege kennen zu lernen, welche die Wissenschaft eingeschlagen hat, um die äußerste Leistung der Brennstoffe zu erfahren, welche irgend erhalten werden kann. Die Resultate dieser Forschungen nennt man den theoretischen Effect. Zu dessen Ermittlung ist nun die Kenntniß von zwei Dingen unumgänglich, nämlich einmal der Wärmemenge, welche überhaupt eine bestimmte Quantität Brennstoff auszugeben vermag, zum andern aber die Zeit, welche dazu erforderlich ist, zwei Bedingungen, deren gemeinschaftliche Ermittelung und Zusammenfassung auf den Begriff dessen führt, was man die Heizkraft nennt. Wird diese, die Heizkraft, auf den jeweiligen Prozeß bezogen, der einem Brennmaterial irgendwo zukommt, so entspringt daraus sein Brennwerth, welcher demnach stets von dem Verbrauchsorte (Markt) abhängt und nur dafür Gültigkeit hat.

Streng genommen ist die Ermittelung des ersten Punktes (der Wärmemenge) eine unmögliche Aufgabe, da es für die Wärme kein Maaß noch Zollstab giebt; die Quantität Wärme, welche ein Körper bei seiner Verbrennung entwickelt, ist also an sich völlig unbestimmbar, aber die gewerbliche Praxis bedarf auch der Kenntniß des absoluten Werthes jener Quantitäten nicht, es genügt ihr zu wissen, wie vielmal die Wärme-

menge des einen Brennstoffs die des andern übertrifft, oder hinter sich zurückläßt, so unbestimmbar auch beide Größen einzeln genommen sein mögen. Es genügt hier mit einem Worte die Kenntniß der vergleichungsweisen (relativen) Wärmemengen, für welche die Wissenschaft mehrfache Wege bietet. Nur in diesem Sinne, als relative nämlich, sind die Resultate aufzufassen, zu denen die Untersuchungen der Art geführt haben. Den physikalischen Versuchen liegt die gemeinschaftliche Idee zu Grunde, der ganzen (an sich unbekannten) Wärmemenge, welche verbrennende Körper, oder Brennstoffe insbesondere entwickeln, irgend einen dritten Körper darzubieten, um alsdann die Wirkungen zu vergleichen, welche sie in diesem hervorbringt. Die Vorrichtung, worin das geschieht, ist das bekannte Calorimeter; Lavoisier und Laplace ließen in diesem Instrumente die Wärme sich auf Eis werfen und maßen die Wärme nach der Menge, welche dadurch geschmolzen ward. Später wandte Rumford, welchem man gerade über die Brennstoffe viele Versuche verdankt, statt des Eises Wasser an und maß die Wärmemengen nach der Temperaturerhöhung, welche dieselbe in einer bestimmten Menge Wasser hervorbringt. Beiderlei Bestimmungen sind aber leicht auf einander zurückzuführen, wenn man sich erinnert, daß dieselbe Wärmemenge, welche 1 Pfd. Eis von 0^0 zu schmelzen vermag, nach Lavoisier und Laplace gerade hinreicht, um die Temperatur von eben so viel Wasser — 1 Pfund — um 75^0 C., oder was dasselbe ist, von 0,75 Pfd. Wasser um 100^0 C. zu erhöhen.

Rumford's Versuche, die sich übrigens nur auf die verschiedenen Holzarten beziehen, ergeben folgende Resultate:

Holzarten, wovon 1 Pfd. beim Verbrennen.	Pfund Wasser von 0° auf 100° C. erwärmt.
1. Lindenholz.	
Trocknes Tischlerholz, 4 Jahre liegend . .	34,707
Dasselbe, leicht gedörrt	38,833
Dasselbe, stark gedörrt	40,131
2. Buchenholz.	
Trocknes Tischlerholz, 4 bis 5 Jahre liegend .	33,798
Dasselbe, stark gedörrt	36,476
3. Rüsternholz.	
Tischlerholz, noch etwas feucht	26,147
Dasselbe trocken, 4 bis 5 Jahre liegend .	30,205
Dasselbe, stark gedörrt	34,983
Dasselbe, braun gedörrt	39,900
4. Eichenholz.	
Gewöhnliches Brennholz in dünnen Hobelspänen	26,272
Dasselbe, in mittleren Hobelspänen . . .	25,590
Dasselbe, in dickeren Hobelspänen . . .	24,748
Dasselbe, gut lufttrocken	29,210
Sehr trocknes Tischlerholz, in dünnen Spänen.	29,838
Dasselbe, in dickeren	26,227
5. Eschenholz.	
Gewöhnliches trocknes Tischlerholz	30,666
Dasselbe, an der Luft getrocknete Hobelspäne	33,720
Dasselbe, auf dem Ofen gedörrte Hobelspäne	35,449

Holzarten, wovon 1 Pfd. beim Verbrennen.	Pfund Wasser von 0° auf 100° C. erwärmt.
6. Ahornholz.	
Stark auf dem Ofen getrocknet	36,117
7. Eberesche.	
Stark auf dem Ofen gedörrt	36,130
Dasselbe, braun gedörrt	32,337
8. Vogelkirsche.	
Trocknes Tischlerholz	33,339
Stark auf dem Ofen getrocknet	36,904
Braun gedörrt.	34,736
9. Fichtenholz.	
Gewöhnliches trocknes Tischlerholz . . .	30,322
Dasselbe, in gut lufttrocknen Hobelstreifen .	34,000
Dasselbe, in ofentrocknen Hobelstreifen . .	37,379
Dasselbe, braun gedörrt	33,358
Dasselbe, in dicken Spänen	28,695
10. Pappelholz.	
Tischlerholz, gewöhnliches trocknes . . .	34,601
Dasselbe, stark ofentrocken	37,161
11. Hainbuchen.	
Tischlerholz, gewöhnliches, trocken . . .	31,704

Welter war der erste, welcher den Satz aufstellte, daß die durch die verschiedenen einfachen und zusammengesetzten Brennmaterialien entwickelten Wärmemengen den absorbirten Sauerstoffmengen proportional seyen. Er fand nämlich, daß diejenigen Quantitäten eines brennbaren Körpers, welche gleiche Mengen Sauerstoff zur Verbrennung voraussetzen, auch

gleiche Wärmemengen dabei entbinden, wie folgende Beispiele zeigen:

1 Gew. Th.	vermag zu erwärmen Pfd. Wasser von 0° — 100° C.	1 Gew. Th. Sauerstoff verzehrt.	welche Pfd. Wasser von 0° auf 100° erwärmen.
Wasserstoff .	236,4 Despretz	0,125 G. Th.	2,955
Kohle . . .	78,15 ders.	0,375 „ „	2,931
Völlig trocknes Holz . .	43,141 Rumf.	0,724 „ „	3,093

Berthier hat darauf ein praktisches Verfahren begründet, um in einem einzigen Versuch den zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff und somit die Heizkraft zu bestimmen. Es besteht darin, daß man das zerkleinerte gewogene Brennmateriale mit einem großen Uebermaaß von reiner Bleiglätte so lange in einem Tiegel (derselbe darf mit der Masse nur bis zur Hälfte gefüllt seyn) glüht, bis dasselbe durch den Sauerstoff der Bleiglätte (Bleioxyd) gerade so wie sonst durch die Luft, vollständig verbrannt ist. Jedes verbrauchte Aequivalent Sauerstoff hinterläßt ein Aequivalent metallisches Blei. Man hat daher nur nöthig, den erhaltenen Bleikönig zu wägen, um daraus auf den verbrauchten Sauerstoff und die Heizkraft zu schließen, vorausgesetzt, daß man die Brennstoffe nur allgemein gegen einander vergleichen will. Ist es dagegen die Aufgabe, die damit auf 1° oder 100° C. erwärmbare Wassermenge zu ermitteln, so ist es nöthig, sich auf die bekannte calorimetrische Fähigkeit irgend eines Brennstoffes — meist wählt man den reinen Kohlenstoff — zu stützen, welcher alsdann den Vergleichungspunkt abgiebt. Es erfordern nun 1 Gewichtstheil reine Kohle 2,666 Gewichtstheile Sauerstoff,

welche, aus der Bleiglätte genommen, 34,5 Gewichtstheile Blei abscheiden; ferner vermag dieselbe Kohle nach Desprez 78,15 Gewichtstheile Wasser von 0° auf 100° C. zu erhitzen, so daß jeder Gewichtstheil Blei, welcher bei dem Versuche durch irgend einen Brennstoff reducirt wird, $\frac{78,15}{34,5} = 2,265$ Gewichtstheilen Wasser entspricht, welche dadurch um 100° C. würden erwärmt worden sein. — Wie man leicht einsieht, läßt sich die zur vollkommnen Verbrennung eines Materials — also zur Umwandlung seines Kohlenstoffs in Kohlensäure, seines Wasserstoffs in Wasser — nöthige Sauerstoffmenge und somit die Heizkraft auch aus Elementaranalyse und zwar mit größerer Genauigkeit berechnen. Da 1 Gewichtstheil Kohlenstoff 2,666, und 1 Gewichtstheil Wasserstoff das Dreifache, nämlich 8 Theile Sauerstoff aufnehmen, so hat man von der Summe beider nur die Quantität abzuziehen, welche den Brennstoff an und für sich enthält, um diejenige zu finden, welche von außen zugeführt werden muß und seine Heizkraft mißt. Z. B. im Eichenholz sind 0,4943 Kohlenstoff und 0,0607 Wasserstoff, welches giebt $0,4943 \times 2,666 + 0,0607 \times 8 = 1,308 + 0,485 = 1,803$. Zieht man davon den Sauerstoffgehalt des Eichenholzes, nämlich 0,445 ab, so bleibt $1,803 - 0,445 = 1,358$ zur Verbrennung nöthiger Sauerstoff, entsprechend 17,58 Blei oder 39,8 Gewichtstheilen Wasser, welche von 1 Theile Eichenholz auf 100° C. erhitzt werden. Sämmtliche oben angeführte Elementaranalysen der Brennstoffe sind demnach als ebenso viele Heizkraftbestimmungen zu betrachten und in diesem Gesichtspunkte mit den direkten Versuchen nach Berthier's Methode hier zusammengestellt, wie sie theils von ihm selbst, theils von Winkler, Karmarsch und anderen gemacht wurden.

1. Holzarten.

Namen derselben.		Gewöhnlich trocken. Berthier.		Mit 9 proc Wassergehalt. Winkler.		Vollkommen ausgetrocknet. Schödler und Petersen.			
		Liefert durch Reduktion Gew.-theile Blei.	Erwärmt daher v 00 1000 C. Gew. Theile Wasser.	Liefert durch Reduktion Gew.-Theile Blei.	Erwärmt daher von 00–1000 G. Th Wasser.	Bedarf zur vollständig. Verbrenn. G. Th. Sauerst.	Erwärmt daher von 00–1000 C. G. Th. Wasser.	Bedarf zur vollkommenen Verbrennung Luft von 190 C. Pfd. | C. F. hessisch	
1 Gewichts = Theil	Eichenholz	12,5	28,3	14,05	31,82	1,358	39,82	5,85	154,4
"	Eschenholz			14,96	33,89	1,356	39,76	5,82	154,2
"	Ahornholz	13,1	29,7	14,16	32,07	1,394	40,85	5,98	148,4
"	Buchenholz	13,7	31,0	14,00	31,71	1,346	39,44	5,78	152,9
"	Birkenholz	14,0	31,7	14,08	31,90	1,356	39,73	5,82	153,0
"	Ulmenholz			14,50	32,84	1,418	41,55	6,08	161,1
"	Pappelholz			13,04	29,54	1,390	40,72	5,96	157,9
"	Lindenholz			14,48	32,80	1,429	41,87	6,13	162,3
"	Weidenholz			13,10	29,67	1,352	39,61	5,80	153,6
"	Tannenholz	14,5	32,8	13,86	31,39	1,408	41,25	6,04	160,0
"	Fichtenholz	13,7	31,0	13,88	31,44	1,392	40,82	5,98	158,2
"	Kiefernholz			13,27	30,06	1,393	40,85	5,98	158,3
"	Hainbuchenholz	12,5	28,3						
"	Erlenholz	13,7	31,0						
"	Lerchenholz					1,408	41,25	6,04	160,0

(Aus Dr. Knapp's chem. Techn. pag. 58.)

Torf. Mit dem größeren oder geringeren Kohlen- und Wasserstoffgehalte steigt und fällt auch hier die Größe des Werthes, der das Wärmeentwicklungsvermögen einer Torfart ausdrückt.

2. Torfarten.

Fundort.	Berthier: reducirt a. d. Glätte G. Th. Blei	Berthier: erhitzt daher G. Th. Wasser a. 1000 C.
1 G. = Th. v. Troyes	8,0	18,1
" v. Ham Dep. la Somme	12,3	27,9
" " Wassy, Dep. la Marne	13,0	29,2
" " Framont, Dep. des Vosges	15,4	34,9
" " Ischour, Dep. des Landes	15,3	34,6
" " Königsbrunn Würtemberg . . .	14,3	32,4

Fundort.	reducirt a. d. Glätt Gew Th. Blei	erwärmt G. Th. Wasser. a. 1000 C.
	Winkler	
Unter 24 Sorten aus dem Erzgebirge die geringste	11,9	26,9
— — die beste .	18,8	42,6
	Griffith.	
v. Allen in Irland, " " oberer	27,7	62,7
" " unterer	25,0	56,6
" gepreßter T.	13,7	28,0

Nach Karmarsch und Heeren steht das Ersetzungsverhältniß des Torfes zum Holz und Steinkohlen wie folgt:

1 Klafter 4 Fuß langes Buchenholz kann an Heizkraft gleichgesetzt werden:
570 C. F. weißen Torfes (hessisch) oder 50 C. F. Steinkohlen.
270 C. F. braunen " " " " " " "
150 C. F. schwarzen " " " " " " "

1 Klafter 4 Fuß langes Tannenholz kann an Heizkraft gleichgesetzt werden:

460 C. F. weißen Torfes (hessisch) oder 42 C. F. Steinkohlen.

220 C. F. braunen " " " " " "

125 C. F. schwarzen " " " " " "

1 Klafter 3 Fuß langes Kiefernholz kann an Heizkraft gleichgesetzt werden:

976 Stück Torf (preuß.) von den besten Sorten

1302 " " " " " mittelguten Sorten

1953 " " " " " geringen Sorten

Nach Moser ersetzen 100 Kubikfuß feste Torfmasse (bayer.) der besten Art eine Klafter gutes Kiefernholz. Langsdorf setzt das Heizvermögen des Torfes zu dem des Holzes = 97:150.

Braunkohlen von den besten Braunkohlenarten erhitzen, im vollkommen trocknen Zustande, 1 Pfd. 57—60 Pfd. Wasser von 0° auf 100° C., während von den geringern Arten nur 36 bis 40 Pfd. Wasser von 0° auf 100° C. erhitzt werden, wie in folgender Tabelle näher angegeben ist.

Fundort.	Berthier.	
	reducirt a. Glätte Blei G. Th.	erwärmt Wasser von 0°—100° C. G. Th.
1. G. Th. Gemeinde Dauphin, basses Alpes	25,3	57,3
St. Martin de Vaud, Kanton Waadt	22,6	51,2
Minerme, Dep. de l'Aube	22,8	51,6
Gardanne, Bouches dû Rhône . .	22,0	49,8
Fuveau " "	21,0	47,6
Enfant Dort "	21,0	47,6
Koep Fuarch, Zürcher See	20,7	46,9

Fundort	Berthier reducirt a. Glätte Blei G. Th.	Berthier erwärmt Wasser von $0^0 - 100^0$ C. G. Th.
St. Lon, basses Pyrénées . . .	20,3	46,0
Val=Pineau, Dep. Sarthe . . .	19,25	43,6
Gewöhnl. Deutsche	18,40	41,7
Edon, Dep. de la Charente . . .	17,0	38,5
Alpheus, Griechenland	16,3	36,9
Triphilis, = =	16,3	36,9
Kumi, = = =	15,8	38,8
Elbogen, Böhmen.	18,2	41,2
	Kühnert	
Erdige Braunkohle, stängl., Meißner	2,01	58,9
Pechkohle von da	1,59	46,6
Dieselbe, Ringkuhl	1,69	49,5
Dieselbe, Habichtswald	1,60	46,9
Glanzkohle, Ringkuhl	1,93	56,5
Pechkohlenartig, Habichtswald . .	1,9	43,6
Unterste Schicht, Ringkuhl	1,9	43,6
Mittlere = =	1,0	43,9
Stillberger = =	1,41	41,3
Lignit vom Meißner	1,47	43,1
= von Laubach	1,75	51,3
	Regnault.	
Erdige Kohle v. Dar	2,138	62,6
= Bouches du Rhône	1,889	55,3
Niederalpen	1,669	48,9
Griechenland	1,784	52,3

Fundort	reducirt Blei aus Glätte G. Th.	erwärmt Wasser von 0° — 100° C. G. Th.
Köln	1,824	53,4
Usnach	1,590	46,6
	Varrentrapp	
Helmstädt, Grube Prinz Wilhelm	2,017	59,1
„ andere Grube	2,183	63,9
Schöningen, Grube Treue	1,876	54,9
„ andere Grube	1,860	45,5

(Aus Dr. Knapp's chem. Technologie)

Steinkohlen. In den Angaben über Heizkraft der Steinkohlen finden natürlich bedeutende Abweichungen statt. Nach Prechtel würden etwa

18 Zentn. Steinkohlen ersetzen 1 Klafter 3 Fuß langes Rothbuchenholz,

17 Zentn. Steinkohlen ersetzen 1 Klafter 3 Fuß langes Weißbuchenholz,

$15^1/_2$ Zentn. Steinkohlen ersetzen 1 Klafter 3 Fuß langes Eichenholz,

$13^1/_2$ Zentn. Steinkohlen ersetzen 1 Klafter 3 Fuß langes Eschenholz.

Nach Dr. Kaiser ist das Verhältniß der englischen Steinkohlen zu böhmischen wie 128:108. Das Verhältniß der böhmischen zu trockenem Buchenholze wie 108:66 dem Gewichte nach. Nach Dr. Stöckhardt steht das Heizvermögen der sächsischen (zwickauer) Steinkohlen zu dem des Fichtenholzes (dem Gewichte nach) wie 234:105; d. h. 234 Pfd. gewöhnlich lufttrockenes Fichtenholz werden ersetzt durch 105 Pfd. sächsische Steinkohlen.

Art und Fundort der Kohlen.	Berthier.		
	reduc. a. Glätte G. Th. Blei	erwärmt G. Th. Wasser a. 1000 G.	Nach den Analysen. (s. K. Steink.)
a. Backkohlen.			
1 G. Th. von Dowlais in Wallis	31,8	72,0	
Glamorgan	31,2	70.7	
Eschwiller bei Aachen . .	31,0	70,2	69,7
Lippe-Schaumburg . . .	30,9	70,0	80,0
Newkastle	30,9	70,0	71,5
Carmeau bei Alby . . .	30,1	68,2	
Rive de Gier, Grand croix	29,6	67,0	78,0
Mons, Bouleau-Fontaine-Madame	29,0	65,7	76,0
Cannelcoal, Vigan . . .	28,3	64,1	
Mons, Grand-Gaillet . .	28,1	63,6	79,7
Rochebelle bei Alais . . .	27,6	62,5	
Mons, Grb. uvll. Alliance	27,4	62,1	
Bonchamp, Haute Saône .	27,3	61,8	
Bessèges, Aveyron . . .	27,0	61,1	
St. Pierre la Cour, bei Mayenne	27,0	61,1	
Epinac, Saône und Loire .	26,8	60,7	72,8
Aus Oviedo in Asturien .	26,1	59,1	
Treuil Grube bei St. Etienne	25,4	57,5	
Bellestat, Aude, sog. Jayet	24,4	55,2	
Jayet (unbekannt. Fundort.)	23,3	52,8	

Art und Fundort der Kohlen	Berthier.		
	reduc. a. Glätte G. Th. Blei	erwärmt G. Th. Wasser a. 100° C.	Nach den Analysen. (f. K. Steink.)
b. Sinterkohlen.			
Cherrycoal-Derbyshire . .	27,2	61,6	
Weiche Kohle	26,3	59,5	
Oviedo in Asturien . . .	26,1	59,1	
Cannelcoal von Glagow .	24,9	56,4	
St. Georges de Lavencas, Aveyron	24,0	54,5	
Cannelcoal von Lancashire .	23,5	53,2	
Ombrowa, Schlesien . . .	21,2	48,0	
Salin, Jura	21,0	47,5	
Vazas Slawonien . . .	19,4	43,9	
c Sandkohlen.			
Durham	31,6	71,6	
Rolduc bei Aachen . . .	31,0	70,2	80
Zinsmeyen bei Offenburg	22,2	50,3	

(Aus Dr. Knapp's chem. Technologie.)

Anthracit. Der Anthracit entwickelt unter allen fossilen Brennstoffen die größte Wärmemenge. Nach Prechtel's Angaben vermag 1 Pfd. desselben 75° Pfd. Wasser von 0° auf 100° C. zu erwärmen. Das Verhältniß der Heizkraft des Anthracit zu der des Holzes ist wie 13 : 7.

Fundort.	Berthier.		
	a. Glätte red. G. Th. Blei	erwärmt Pfd. Wasser auf 100° C. G. Th	nach den Analysen. G. Th. Wasser.
1 G. Th. von Lamure bei Grenoble	31,6	71,5	72,8
von Pensylvanien	30,5	69,1	75,6
von Laval { la Chaumière .	33,0	74,7	
von Laval { la Baconière .	26,6	60,2	
von Corbattière in Savoyen	26,7	60,5	

Holzkohle. Nach Despretz werden von einem Pfunde reiner Kohle 78 Pfd., von einem Pfd. Holzkohle 75 Pfd. Wasser von 0° auf 100° C. erwärmt. Für gleiches Gewicht liefern die verschiedenen Arten (gleich trocken) Holzkohlen beim Verbrennen gleiche Mengen Wärme. Kohle, welche einige Zeit an der Luft gelegen, hat aus derselben gewöhnlich $\frac{1}{10}$ ihres Gewichts Wasser angezogen: dieses wird bei ihrem Verbrennen zersetzt und bildet durch das kohlenhaltige Wasserstoffgas eine kleine Flamme, während die vollkommen trockene Kohle ohne Flamme, blos glühend, verbrennt.

1 Theil Kohle reducirt Blei nach Berthier.			Erwärmen Wasser von 0°—100° C.	reducirt Blei (nach Winkler)	Erwärmen Wasser von 0°—100° C. (nach Winkler)	Bedarf zur vollkommenen Verbrennung (nach Winkler)
käufliche	Pappelkohle	30,60	Durchschnittlich 68 Gew. Th.	33,56	Im Durchschnitt 75,7 Thl.	293,5 C. F. Luft von 19° C. durchschnittlich.
	Ahornkohle	30,60		33,23		
	Eschenkohle	29,60		33,23		
	Espenkohle	29,5				
Sogleich n. d. Ziehen in Flaschen geschlossen.	Tannenkohle	32,3	Durchschnittlich 72 Th.	33,51		
	Erlenkohle	32,4				
	Birkenkohle	31,4		31,71		
	Eichenkohle	31,3		33,74		
	Buchenkohle			33,57		
	Ulmenkohle			33,26		
	Lindenkohle			32,79		
	Weidenkohle			33,49		
	Fichtenkohle			33,53		
	Kiefernkohle			33,62		

(Aus Dr. Knapp's chem. Technologie.)

Torfkohle. Wie schon früher erwähnt wurde, eignen sich zur Verkohlung nur die besten Torfe. Die aus denselben dargestellten Kohlen geben im Mittel beinahe eben so viel Wärme als Steinkohlenkohks bei gleichem Gewichte. Ein Pfund derselben erwärmt 64 Pfd. Wasser von 0° — 100° C.

Ursprung.	Werthier.	
	reducirt Blei aus Glätte G. Thl.	erwärmt Wasser a. 100° C. G. Thl.
1 G. Th. von Crouysu, Dep. Seine und Marne	17,7	40,1
— Ham	18,4	41,7
— von Esomm, in Paris häufig consumirt	22,4	50,7
— Framont, und Torf von Champ du feu	26,0	58,9

Nach Dr. Stöckhardt in Chemnitz würden ohngefähr 100 Pfd. Holzkohle ersetzt werden durch

105 Pfd. Steinkohle,
113 „ Torfkohle,
188 „ Torfziegel,
234 „ Fichtenholz.

Kohk. Im Allgemeinen nimmt man an, daß die Heizkraft guter Steinkohlenkohks sich zu der Heizkraft der Holzkohlen verhält wie 65 : 73. Die Heizkraft der Steinkohlen verhält sich demnach zu der der Kohks wie 69 : 75. Braunkohlenkohks entwickeln eine größere Heizkraft als die Kohks der Steinkohlen. Das Verhältniß der ersteren zur letzteren ist wie 70 : 65.

Art derselben.	Berthier.	
	reducirt aus Glätte G.Thl. Blei	erwärmt Wasser von 0°—100°C. G.Th.
1 Gewichtstheil aus Kohle von St. Etienne	28,5	65,6
— aus Kohlen von Bességes . .	28,4	64,3
— von Rive de Gier	26,0	58,9
— Gaskohle von Paris . . .	22,2	50,3

Karboleïn. Nach Dr. Kaisers Versuchen wurde 1 Klafter 3 fußiges Buchenholz durch 1120 Pfd. Karboleïn und
100 Pfd. englische Steinkohlen durch 128 Pfd. Karboleïn,
100 „ böhmische „ „ 108 „ „
100 „ bayerische „ „ 84 „ „
100 „ Fichtenholzkohle „ 118 „ „ ersetzt,
1 Pfd. Karboleïn vermag demnach 62 Pfd. Wasser von 0° bis auf 100° C. zu erwärmen.

1 Pfd. getrocknete Lohkuchen erhitzte 20 Pfd. Wasser von 0° auf 100° C. Ein Pfd. dergleichen stark gedörrt, brachte 25 Pfd. Wasser von 0° auf 100° C.

Zur vollständigen Verbrennung erfordert nach den gegebenen Bestimmungen und Analysen außerdem 1 Pfd. Torf 70 bis 144 C. F. Luft von 19° C., bei mittleren Sorten 149 C. F., 1 Pfd. Torfkohle 155 — 228 C. F., 1 Pfd. Braunkohle nach den Bleibestimmungen 139 — 222, nach den Analysen 160 — 248 C. F., 1 Pfd. Steinkohlen nach den Bleibestimmungen 170 — 279, bei mittlerer Güte 228 C. F., nach Richardsons Analysen 248 — 303, nach Regnault's für die Kohlengebirge 320 bis 332, der secundären

Formation 293 — 326 C. F., 1 Pfd. Kohk 194 — 250 C. F; 1 Pfd. Anthracit nach den Bleibestimmungen 233—277, nach Regnault's Analysen 312 C. F. Bei der angegebenen Temperatur wiegt 1 C. F. Luft 0,03704 Pfd. Ist die Temperatur der Luft noch höher, so wird natürlich eine größere Menge dem Volumen nach verbraucht. In der Praxis geht weit mehr Sauerstoff auf, als obige Zahlen angeben, weil die Luft in Berührung mit dem brennenden Körper niemals ganz ihren Sauerstoff an denselben abgiebt, sondern einen mehr oder minder großen Theil davon zurückhält und damit als eine nur an Sauerstoff ärmere Luft in den Rauchfang geht.

Es wurde schon früher erwähnt, daß die Leistung der Brennstoffe in der Praxis bedeutend hinter derjenigen zurückbleibt, welche der Theorie nach erfolgen sollte. Die Ursachen davon sind theils mehr zufällige und äußere, theils aber auch in der Natur der Sache gelegen und darum unvermeidlich. Dahin gehört vor allen Dingen der Luftzug (ohne welchen die Brennstoffe nicht verbrennen können) in den Kaminen, zu dessen Erhaltung und Erregung stets ein Theil der erzeugten Wärme geopfert wird. Nehmen wir nun an, um diesen Wärmeverlust zu bestimmen, daß 1 Pfd. trocknes Holz durchschnittlich 6 Pfd. (s. oben) Luft zum Verbrennen erfordert; gesetzt, diese entweichen mit 150° C. in die Esse, so wird die darin enthaltene Wärme ebenso groß sein, als diejenige (in 1 Pfd. Luft von $6 \times 150^{\circ} = 900^{\circ}$, oder) in 9 Pfd. Luft von 100° und mithin auch in $\frac{9}{3{,}746} = 2{,}4$ Pfd. Wasser von 100°. Nach Schödler und Petersen vermag nun 1 Pfd. trocknes Holz im Durchschnitt 40,6 Pfd. Wasser auf 100° zu erwärmen; der durch die Wirkung der Esse sich erge-

bende Verlust ist also $\frac{2,4}{40,6} = 0,06$ oder 6 proc. Dieses Ergebniß ist das Minimum des Verlustes, der um so größer wird, je wärmer die Luft durch die Esse entweicht. Ferner entsteht noch ein bedeutender Verlust an Wärme durch die Strahlung, durch die Ableitung der Wände des Feuerraums und in Folge endlich eines zuweilen, durch vorübergehende Verstopfung des Rostes rc. eintretenden Mangels an Luft (resp. Sauerstoff), ist einem Theile des Brennstoffes die Gelegenheit benommen, seine Elementarbestandtheile mit dem Sauerstoff zu verbinden, also Wärme zu entwickeln. Es bleibt demselben nichts übrig, als sich vermöge der umgebenden Hitze in verschiedene theils flüchtige, theils feste Verbindungen aufzulösen, welche von dem Zuge mit fortgerissen, in den entlegeneren Theilen des Ofens und in der Esse als Rauch auftreten. Der Rauch hat in allen seinen Bestandtheilen die Fähigkeit beibehalten, sich unter Entwicklung einer entsprechenden Menge Wärme, dem verloren gehenden Theile, mit Sauerstoff zu verbinden (verbrennen). Die Verbrennung im Feuerraume wird also durch diese Ursachen theilweise zu einer trocknen Destillation herabgestimmt; man sieht in der That anstatt Wasserdampf, Kohlensäure und Stickstoff (aus der Luft) allein, diese Gase stets mit Rauch entweichen, der sich nach Umständen entweder als trockner Ruß oder Glanzruß anlegt. Die sogenannten rauchverzehrenden Vorrichtungen an Oefen bezwecken sämmtlich, obgleich meist mit geringem Erfolg, die Verbrennung dadurch nachträglich zu vollenden, daß man einen (heißen) Luftstrom mit dem Rauch zusammenführt. Der Wärmeverlust, welcher bei der Verbrennung von lufttrockenem Holz durch die Verdampfung seines hygroskopischen Wassers entsteht, beträgt, wie schon in Kapitel „Holz"

angeführt wurde, 20 — 25 proc., woraus ersichtlich ist, welchen Vortheil es gewährt, die Brennstoffe so trocken als möglich zu machen. Für die Zwecke des gewöhnlichen Lebens ist das künstliche Austrocknen des Holzes in der Regel zu kostspielig und unausführlich, dagegen in gewissen technischen Betrieben nur gedörrtes Holz anwendbar.

Wenn feuchtes Holz an einem Orte aufgespeichert liegt, wo kein gehöriger Luftzug stattfindet, so tritt nach einiger Zeit eine chemische Veränderung ein, welche mit einer beinahe vollständigen Vernichtung seiner Brennkraft verknüpft ist und darum nähere Beachtung verdient. Bekanntlich verwandelt sich das abgestorbene Holz im Kerne von alten Bäumen (wo zwar die Feuchtigkeit, nicht aber die Luft Zutritt hat) in eine weiße, mürbe, phosphoricirende Substanz, in „faules Holz", welches angezündet, ähnlich wie in Humus verwandeltes Holz, ohne alle Flamme langsam wie Zunder mit geringer Wärmeentwicklung verglimmt. Dessenungeachtet hat sich bei dieser Vermoderung mehr das Gewicht, als das Verhältniß seiner Elemente geändert. Eine Probe davon enthielt z. B. 47% Kohlen- und auf 6% Wasserstoff nur 45,3% Sauerstoff, also gegen das frische Holz einen Ueberschuß an jenem, welchen die Flammenverbrennung um so mehr erwarten läßt. Höchst wahrscheinlich ist der Wasserstoff darin größtentheils als Wasser, d. h. bereits verbrannt, enthalten, eine Voraussetzung, welche das Verhalten der Substanz von selbst erklärt. Auf dieselbe Weise fängt unter den genannten Umständen ein Vermoderungsprozeß an, in dem Brennholze Raum zu gewinnen und vermindert im Maaße seines Fortschreitens mit der Verbrennlichkeit und Flammenbildung seinen Werth. Man sagt alsdann: Das Holz sei gestockt.

Die bis jetzt angeführten Zahlen, welche also das Ver-

hältniß der aus den Brennstoffen entwickelten Wärmemengen angeben, scheinen von vorn herein mit den Erfahrungen des täglichen Lebens in grellem Widerspruche zu stehen. Während man z. B. aus den harten Hölzern in den meisten Fällen mehr Wärme erhält, stellen nichts desto weniger die Versuche das Lindenholz an die Spitze und die weichen Hölzer überhaupt höher. Die genauen Analysen von Schödler und Petersen lassen nun die wahre Bedeutung der praktischen Erfahrung auf eine genügende Weise erkennen; sie zeigen nämlich, daß, während die reine Holzfaser genau so viel Wasserstoff enthält, als zur Wasserbildung mit dem Sauerstoff erforderlich ist — also im Verhältniß von 1 : 8 — die eigentlichen Hölzer mehr davon enthalten, als dem entspricht, ein Ueberschuß, welcher bei den einzelnen Arten sehr ungleich, im Allgemeinen aber sehr bedeutend ist. So setzen die 44,5 Sauerstoff im Eichenholz $\frac{44,5}{8} = 5,562$ Wasserstoff voraus, um damit Wasser zu bilden; es sind aber in demselben 6,07% (s. Kapitel Holz) vorhanden, folglich ist der Ueberschuß 0,508%, was auf 1000 Theile 5,08 macht. Beim Lindenholz ist nach den Analysen auf 1000 Theile 13,90, beim Tannenholz 9,50 und beim Ulmenholz 10,00% überschüssiger Wasserstoff vorhanden. Bei der Verbrennung des Holzes wird nun dieser überschüssige Wasserstoff vorzugsweise zur Bildung von gas- und dampfförmigen Kohlenwasserstoffen, und mithin zur Hinterlassung einer geringeren Menge Kohle — von der derselbe einen großen Theil mit wegführt — Veranlassung geben. Gerade diese Gase und Dämpfe sind es nun, welche mit großer Leichtigkeit verbrennen und das bilden, was man die Flamme nennt. Chemisch zeichnen sich also die weichen Hölzer durch einen größern

Ueberschuß an Wasserstoff aus, welcher bewirkt, daß der erste Act ihrer Verbrennung — die Flammenverbrennung — sich auf Kosten des zweiten — der Kohlenverglimmung ausdehnt; sie werden demnach im Allgemeinen viel leichter brennen, oder was dasselbe besagt, ihre Wärme in kürzerer Zeit entwickeln, als die harten — was man sehr passend ihre Entzündlichkeit nennen kann — eine Wärmemenge, welche um deswillen an und für sich größer sein muß, weil 1 Gewichtstheil Wasserstoff gerade dreimal so viel Sauerstoff bindet (also auch dreimal mehr Wärme entwickelt), als 1 Gewichtstheil Kohlenstoff. Nun sind aber unsere Heizeinrichtungen meist der Art, daß sie eine geraume Zeit bedürfen, um die Wärme, welche ein Brennstoff entwickelt, aufzunehmen und der Umgebung, welche sie genießen will, auf eine passende Weise zuzuführen. Findet die Entwicklung zu rasch Statt, so ist diese Zeit nicht gegeben und ein Theil der Wärme entweicht unbenutzt, ohne der Umgebung zuzufließen. Wenn sich daher die Erfahrung für die harten Hölzer ausspricht, so meint sie damit nur, daß die weichen Hölzer ihre an und für sich größere Wärmemenge auf eine Weise von sich geben, welche in den Oefen ꝛc. mit bedeutend größerem Verlust verknüpft ist, ohne ihnen dieselbe abzusprechen, und umgekehrt. Aus diesem Grunde giebt man da, wo es sich darum handelt, eine sehr intensive Hitze zu erzeugen, wie bei Porzellanofenfeuern, den weichen Hölzern unbedingt den Vorzug. Was für die Hölzer gesagt wurde, gilt mehr oder weniger auch für die andern Brennstoffe.

Heizung.

Die Geschichte ist es, welche uns zeigt, wie das Unvollkommene durch vielseitige Erfahrungen nach und nach vervollkommnet, das Nachtheilige möglichst entfernt und beseitigt, und das Nützliche durch Nachdenken erfinderischer Köpfe ersonnen und angewendet wurde.

Zu den mancherlei nützlichen Erfindungen gehört auch die der Vorrichtung zum Heizen (Erwärmen), zum Kochen ꝛc.; sie verliert sich in das höchste Alterthum, auf sie wurde der Mensch durch das Bedürfniß geführt, als er sich unter den kälteren Himmelsstrichen auszubreiten und anzusiedeln anfieng. Die erste und allgemeinste Erwärmungsart war wohl die am offenen Feuer, das man im Freien, in der Hütte oder Kochheerde anschürte, wodurch man später zu den Kaminen geführt wurde.

In hölzernen Wohnungen konnte man das Feuer nicht ohne Gefahr und in Prachtzimmern nicht ohne mehrfachen Nachtheil (wegen des Rauches ꝛc.) anwenden. Man bediente sich metallener Becken mit glühenden Kohlen, auf welche Weise die Israeliten, Griechen, Römer und andere alte Völker ihre Zimmer erwärmten. Aus *κάμινος*, caminus kommt der Namen Kamin. — Schon zu Jeremias Zeit, also um 588 v. Chr., waren solche Kohlenbecken üblich, wie aus Jeremias

36, 22. 23., ebenso zur Zeit Jesu, wie aus Ev. Johannis 18, 18. erhellt. — Daß die Griechen und Römer noch keine Stubenöfen kannten, ist wohl ausgemacht. Zu den Zeiten der Kaiser heizte man dadurch die Zimmer, daß man wie in den Bädern so auch in den Zimmern eine unterirdische Kammer anlegte, die statt des Ofens diente, sie mit Kohlen füllte und die Wärme davon in einem Zimmer sammelte, aus welchem man sie durch die im Cirkel an den Wänden herumgehenden Kanäle oder Röhren, welche man nach Belieben öffnen und schließen konnte, in die anderen Zimmer des Hauses leitete, was schon zu Augustus Zeiten geschehen seyn soll, wo man bereits verschlossene Fenster hatte. Solch' kostspielige Heizung konnten aber nur die Reichen benützen; die ärmeren Volksklassen mußten sich mit Erwärmung am Heerdfeuer oder mit Kohlenbecken begnügen.

Man hat Untersuchungen angestellt, um zu erforschen, ob die Alten Kamine hatten. Die in Herculanum und Pompeji ausgegrabenen Häuser haben keine, weshalb anzunehmen ist, daß man zu der Zeit, da diese Städte verschüttet wurden (um 79 unserer Zeitrechnung), die Kamine in Italien nicht kannte, und daß man dazumal sich der offenen tragbaren Heerde bediente.

Um sowohl Feuersgefahr als auch den lästigen Rauch des Heerdfeuers zu beseitigen, ergab sich als einfachstes Mittel, den Heerd auf drei Seiten mit Mauerwänden zu umschließen, auf welche Art Kamine entstanden. — Eigentliche Stubenöfen scheinen zuerst im nördlichen Deutschland eingeführt worden zu seyn. Wahrscheinlich waren es blos gemauerte Kasten von Backsteinen, in welchen man Feuer anschürte, wie sie jetzt noch in Rußland auf dem Lande, auch hin und wieder in der Schweiz bestehen.

In Böhmen heizte man früher in Gruben, die mitten im Zimmer waren. 1325 erhielt Emmerich Kullmann von Passau ein Alleinrecht zum Bau holzersparender Oefen in jenem Lande. Derselbe behielt die Heizart in Gruben bei, legte aber mehrere Kanäle an, welche einen ordentlichen Zug durch alle Ecken des Daches hatten.

Kachel- und eiserne Oefen müssen, wenn sie zu jener Zeit nicht schon bestanden, bald nachher eingeführt worden seyn. — Dalesme schlug 1686 einen Ofen ohne Rauch vor, den er furnus acapnus nannte, in welchem der Rauch gezwungen wird, in den Feuerheerd herabzugehen, wo er verbrennt.

Als 1331 die in Prag befindlichen italienischen Gefangenen sich aus Mangel an Unterhalt genöthigt sahen, das Auskehren der Feuerkanäle zu besorgen, so kamen hiedurch die Kaminfeger auf, welche sich ein Alleinrecht auf diese Beschäftigung anmaßten. Stumpf schreibt hierüber in seiner Chronik der Schweiz (Zürich 1586. Folio) im 10. Kapitel des IX. Buches: „Ober Luggaris, ehe sich Madia oder Mayin in den See ergießt, empfängt dies Wasser den Fluß — auf Welsch la Lamleza genannt — welcher seinen Lauf auf 6 Meilen Wegs durch das Kaminfegerthal — vallis vegetin genannt — nimmt. Aus diesem in Mailand liegenden Thale kommen gemeiniglich alle Kaminfeger, welche ganz Europa durchziehen, um die Kamine zu säubern. Das Geld, so sie damit gewinnen, tragen sie nach Haus, um Weib und Kinder zu ernähren. Dies Geschäft wurde bis ins 17. Jahrhundert ausschließlich von Italienern betrieben.

Die Zimmerheizung mittelst Kaminen war vorzüglich im südlichen Deutschland und später auch in Frankreich, Holland, England und Italien gebräuchlich. Scamozza beschreibt dreier-

lei Arten von Kaminen, wie sie ehemals üblich waren. Die erste Art war gänzlich innerhalb der dicken Umfangs- und in den Scheide-Mauern angebracht, und camino romano genannt; die zweite, die halb inner und halb außer der Mauer sich befand, hieß camino a mezzo padiglione (halbe Zeltart); die dritte stand ganz außerhalb der Mauer, und hatte den Namen a padiglione (die Zeltart), und diese war am besten zur Anbringung von allerlei Arten von Verzierungen geeignet. Im Allgemeinen wurden diese Kamine durch zweierlei Benennungen, französische und holländische, unterschieden. Bei den ersteren war der Feuerheerd 5—6 Zoll über dem Fußboden erhaben, und zwar war diese Einheizöffnung länger als hoch. Die holländischen Kamine sind mit dem Heerde dem Fußboden gleich und ist die Einheizöffnung höher als lang, weil in denselben Torf, pyramidenförmig aufgeschichtet, gebrannt wird, wogegen die französischen Kamine mit Holz beheizt wurden. Nach Verschiedenheit der Wand, an welche die Kamine gebaut wurden, erhielten sie auch verschiedene Dimensionen, so daß dieselben den vierten, höchstens den fünften Theil der Wand einnahmen, und in den größten Zimmern die Oeffnung im Lichten 6—8 Schuh weit, 4—5 Schuh hoch uud 2—2½ Schuh tief war.

Ueber den Kaminöffnungen brachte man Spiegel, Wappen, Trophäen, Gemälde und andere Verzierungen an; die Gesimse besetzte man mit Vasen, Porzellanfiguren u. dergl.

Welch' unermeßlichen Holzaufwand die Beheizung solcher Kamine erforderte, ergiebt sich schon daraus, daß — wie durch vielfache in neuern Zeiten angestellte Versuche erwiesen ist — bei offen brennendem Feuer $^{7}/_{8}$ der Wärme erfolglos in den Kamin abzieht. Wird dabei noch berücksichtigt, daß in jener Zeit weder Vorthüren, noch Vorfenster gebräuchlich

waren, und daß zu diesen Feuerungen größtentheils hartes Holz, welches eine anhaltendere Glut als weiches gibt, benützt wurde, so ist es erklärlich, mit welchen Riesenschritten die Holztheuerung von Jahr zu Jahr überhand nehmen mußte.

Rußlands Bewohner, die gleichfalls die Kamine einführten, suchten zwar die Wärme dadurch länger zu erhalten, daß sie in ihren Kaminen eiserne Fallen anbrachten, mittelst deren der Kamin nach dem Abbrennen des Feuers geschlossen wurde. Dergleichen erhielten den Namen der russischen Kamine. Aber auch diese Vorkehrung trug wenig zu erhöhter Zimmererwärmung bei und verursachte sehr lästigen Kohlendampf. Dennoch war nichts vermögend, diese wahrhaft zur Holzverschwendung erbauten Kamine aus den Schlössern der Reichen und den Gebäuden der Wohlhabenden zu entfernen. Man fand es allzubehaglich, in traulichem Gespräche am Kaminfeuer zu sitzen, obgleich man genöthigt war, bald das Angesicht, bald den Rücken der hellauflodernden Flamme zuzuwenden. Man unterzog sich dieser Unbequemlichkeit, um nur die mit kostbaren Spiegeln, Vasen, Malereien geschmückten Feuerschlünde nicht entfernen zu müssen, wenn schon bei dieser Feuerungsanstalt das Zimmer nie so erwärmt wurde, um es mit Behagen bewohnen zu können. Als beinahe dritthalbhundert Jahre hindurch die unverzeihlichste Holzverschwendung verübt war, fing man an, die Kaminheerde und Einschüröffnungen kleiner zu bauen und den Feuerkasten zu überwölben, dem man später eine parabolische Gestalt gab, damit die Wärme sich mehr im Zimmer verbreitete. Wurde durch diese Einrichtung der Holzbedarf zwar etwas geringer, so konnte dennoch die erforderliche Erwärmung des Zimmers nicht erzielt werden, sondern es war damit nur so viel erreicht, daß die Luft zunächst dem Heerd durch die von den

parabolisch gewölbten Seitenwänden zurückprallenden Wärmestrahlen mehr und schneller sich erwärmte, wogegen aber auch sich desto mehr die kalte Zimmerluft durch die verkleinerte Einschüröffnung zog und die zunächst am Kamin erzeugte warme Luft mit in den Kamin abführte.

Mehrfache Versuche führten endlich Franklin im Jahre 1745 zur Erfindung der sogenannten pennsylvanischen Kamine, die den Uebergang von den Kaminen zu den Stubenöfen bildeten, und gleichsam nichts anderes waren, als die sogenannten aus Eisenplatten gefertigten Windöfen, die man in die großen Kaminöffnungen stellte. In neuern Zeiten wurden ungleich zweckmäßigere, den Regeln der Pyronomik mehr entsprechende, mit Rauchcirkulation versehene Kaminöfen eingeführt, welche mit Luftheizung versehen und sowohl aus Eisen gegossen, wie auch von Thon gefertigt sind.

Die Stubenöfen wurden unstreitig von den Deutschen in nördlichen Gegenden erfunden, und, was zu deren Verbesserung geschah, wurde größtentheils durch Deutsche gemacht. — Wie schon erwähnt, waren die ersten Stubenöfen kastenförmig aus Ziegelsteinen erbaut und von kolossaler Gestalt, indem der innere Raum 5 Fuß Länge, 4 Fuß Breite und 6—8 Fuß Höhe hatte. Unverhältnißmäßig große Einschüröffnungen, über welchen sich fast unmittelbar die Rauchabzugöffnungen befanden, trugen vollends dazu bei, daß die Beheizung solcher Oefen nur mit einem äußerst großen Aufwand von Brennholz erreicht werden konnte. Schon 1557 erhielten Fröhmer, Bürger aus Straßburg, Ulrich Kundigmann aus Constanz und Konrad Zwicken zu Rohr auf dem Reichstage zu Augsburg ein Privilegium für die von ihnen erfundenen holzersparenden Oefen. Leonhard Danner, Wolfgang Pömer und Peter Nußbaum, Bürger zu Nürnberg, erhielten 1582

gleichfalls ein kaiserliches Privilegium wegen einer Erfindung zur Ersparung des Holzes. Wie sehr man schon im Anfange des 17. Jahrhunderts den Holzmangel fühlte, erweist sich durch die Schrift, welche Franz Keßler unter dem Titel: „Holzsparkunst" im Jahr 1618 zu Frankfurt mit Kupferstichen herausgab, die so viel Beifall erhielt, daß sie in's Französische übersetzt wurde. Dieß beurkundet wohl zur Genüge, mit welchen eingewurzelten Vorurtheilen man viele Jahre lang zu kämpfen hatte, um in den nördlichen Ländern die Kamine allmählich zu entfernen, dergleichen man nun nur noch hie und da antrifft.

Professor J. H. Leutmann war der erste, welcher eine zweckentsprechende Ofenfeuerung bekannt machte. Seine Schrift: Vulcanus famulans oder sonderbare Feuernutzung durch Einrichtung der Stuben-, Schmelz-, Treib- und andern Oefen, welche 1720, und in der fünften Auflage 1785, erschien, fand allgemein Beifall. Leutmann gab seinen Zimmeröfen eine kleinere Gestalt, selten über 6 Fuß hoch, die Feuerkohlen waren bedeutend beschränkter als ehemals, und der Ofenaufsatz stets mit Rauchcirkulationsröhren oder Zungen versehen.

Um 1727 wurden im Mansfeldischen zuerst Hochöfen gebaut. Die eisernen Rundöfen (ihrer Form wegen Kanonenöfen genannt) wurden erst später eingeführt; indessen müssen sie schon um 1720—40 bestanden haben, indem Chapuset 1746 zu Nürnberg eine Broschüre unter dem Titel: Anweisung Kanonenöfen zu verbessern und verbesserte zu gießen ꝛc. herausgab.

So weit war man um 1720 mit der Feuerungskunde in Deutschland vorgeschritten; nicht so in Rußland und Schweden.

Welche verschiedene Anträge zur Erzweckung holzsparender Zimmeröfen mitunter schon vor 80 Jahren gestellt wurden, möge Folgendes darthun: Im Jahr 1754 erschien zu Eisenach die Broschüre eines Ungenannten unter dem Titel: Verbesserungen aller Stubenöfen 2c. 2c. und 1773 hievon die dritte Auflage. Nachdem der Verfasser über den allgemein eingerissenen Holzmangel klagte, beschrieb er seinen aus glasirten Tafelkacheln bestehenden, mit eisernen Bodenplatten versehenen viereckigen, 6½ Fuß hohen, in's Quadrat 3 Fuß breiten Ofen, der mit einem im Innern des Zimmers angebrachten, 12″ breiten und 8″ hohen Ofenthürchen, und an der Deckplatte mit einem Rauchrohr versehen war. Unter den vielen deutschen Schriften, welche über diesen so einflußreichen Gegenstand bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts erschienen, verdienen insbesondere erwähnt zu werden: Jachtmanns Anweisung, wie alle Feuerungen zur Holzersparung eingerichtet werden können; Chryselius Anweisung Holz ersparende Oefen 2c. anzulegen (Merseburg 1790, 2. Auflage, 1798). Dieser giebt nicht nur ausführliche Erklärungen über die Eigenschaften des Feuers, des Rauches, der Luft, sondern erläutert auch, wie sowohl gut als schlecht erbaute Feuerungen zu beurtheilen sind, indem er die nachtheiligen Eigenschaften darstellt, welche die gewöhnlichen holzverschwenderischen Oefen besitzen, und die Erfordernisse beschreibt, welche holzersparende Oefen erheischen.

Mit Recht darf wohl gesagt werden, daß Franklin, Jachtmann und Chryselius die ersten waren, welche zweckentsprechende, auf wissenschaftliche Tendenz und Erfahrung gegründete Abhandlungen über holzersparende Feuerungsanlagen lieferten.

In Schweden und Rußland bestanden noch lange Zeit

kastenförmig aus Backsteinen gemauerte Oefen, weil dieses Material vorzüglich lange die Wärme an sich hält. Im 18. Jahrhundert waren nach ähnlicher Form Kachelöfen von 5—7 Fuß Länge, 3—4 Fuß Breite, 5—7 Fuß Höhe, und oben platt, üblich, so daß einzelne Familienglieder ihre Schlafstätte darauf hatten. In den Wohnungen der Reichen, namentlich in Petersburg, bestanden schon 1717 massive, aus Ziegelsteinen erbaute, mit mehreren senkrechten Kanälen versehene Zimmeröfen, deren Wände 5—7 Zoll dick und dabei der Feuerkasten überwölbt waren. Eine Beschreibung dieser Oefen lieferte Major Werner in seiner theoretisch-praktischen Abhandlung über holzersparende Stubenöfen (Hamburg bei Bachmann 1779). Diesen russischen Oefen ähnlich, aber weit zweckmäßiger sind die neueren aus Kacheln erbauten schwedischen Oefen, über deren Construktion der verdienstvolle verstorbene Dr. Engelhardt, Professor der Chemie und Physik an der k. polytechnischen Schule in Nürnberg, ein Modell aus Schweden mitbrachte, nach welchem er mehrere Oefen in Nürnberg setzen ließ. Wenn schon diese Oefen im Vergleich mit den alten großen, viereckigen Kachelöfen allerdings holzersparend genannt werden können, so haben sie doch den Fehler, daß die Kanalwände zu sehr in den Ofen versteckt sind, und demnach zu wenig erwärmte Außenflächen darbieten. Die innern Kanalwände nehmen zwar Wärme an, aber es mangelt ihnen die Fähigkeit, dieselbe wieder nach Außen, nämlich gegen das Zimmer zu, abzugeben, daher ein großer Theil der Wärme, welche die inneren, im Ofen versteckten Kanalwände besitzen, nutzlos mit dem Rauch in den Schornstein abzieht.

Noch verdienen die zu Ende des 18. Jahrhunderts in Aufnahme gebrachten sogenannten Herrnhuter-Oefen erwähnt zu werden. Dieselben bestehen gewöhnlich aus 3 oder 4 gleich

großen Aufsätzen, oder horizontalen Rauchzirculations-Kästen, deren jeder 2½ — 4 Fuß lang, 1 — 1½ Fuß breit und 6 — 8 Zoll hoch ist. Die Aufsätze sind durch verticale 12 — 16 Zoll ins Quadrat weite Rauchkanäle von einander abgesondert. In den verticalen Kanälen steigt der Rauch und die Wärme in die Höhe und zirculirt in die horizontalen Aufsätze, bis ersterer durch den obersten Aufsatz mittelst einer blechernen Rauchröhre in den Schornstein abzieht. Der Feuerkasten ist mit einem eisernen Roste sammt Aschenfall versehen.

Nachdem man die Wärme in den Oefen sowohl durch senkrechte als horizontale Kanäle zirculiren ließ, versuchte man diese Wärmeleitung mittelst spiralförmiger Kanäle zu bewerkstelligen, wornach der sogenannte Schneckenofen entstand, welchen zuerst ein Graf Witzthum am Ende des vorigen Jahrhunderts erbauen ließ.

Die Erwägung, daß zur vollkommenen Herstellung eines Ofens es größtentheils auf die Stärke der eingeschlossenen Glut ankommt, hat die Zirculiröfen nöthig, und in Rußland zu den allgemeinen gemacht, die man nicht nur in den Städten, sondern fast überall auf dem Lande findet; man nennt sie auch vorzugsweise russische Oefen. Auch in Polen und Ostpreußen findet man dergleichen. Sie sind in Rußland, Liefland, Kurland nicht von Metall, sondern von gebrannten Ziegelsteinen gebaut, und von Außen des Putzes wegen mit glasirten Tafeln, weißem Steingut oder Faïence, auch wohl gar mit Porzellan überzogen, und gewöhnlich durch ihre einfache und geschmackvolle Form (als Pyramiden, Cylinder), so wie durch ihre Höhe eine wahre Zierde des Zimmers. Die vermittelst eines solchen Ofens geheizten Zimmer bleiben 24 — 36 Stunden warm. Dabei kommt eine bedeutende Holzersparniß als weiterer Vorzug in Betracht.

Die Heizung mit erwärmter Luft war schon vor 200 Jahren bekannt, indem es üblich war, in Kapuziner-Klöstern die Hitze durch mehrere in den Scheidemauern angebrachte Kanäle zu leiten, und aus etlichen mit Flor bedeckten Oeffnungen unbemerkt in die Gemächer einströmen zu lassen; solche Wärmeleitungen waren bisweilen auch auf dem Fußboden angebracht. Bekanntlich besteht die Art Beheizung mit erwärmter Luft darin, daß entweder für einzelne Zimmer Röhren in den Oefen angebrach twerden, mittelst welcher man die kalte Luft durch den Ofen führt, die alsdann erwärmt wieder an einer Seitenwand des Ofens heraus kommt, oder daß in einer besondern, im untersten Hausraum angebrachten Wärmestube für ganze Gebäude Luft warm gemacht wird, welche durch Kanäle in die zu erwärmenden Zimmer geleitet wird, und die am Boden der letztern münden.

Die Heizung und das Kochen mit Wasserdampf ist ebenfalls keine neue Erfindung, denn schon die älteste Kochkunst kannte das sogenannte Dämpfen, und die Mauren in Africa kochen eine Art Klöße seit den ältesten Zeiten, indem sie dieselben in ein Tuch eingebunden, heißem Wasserdampf aussetzen. Doch ist man auf die vielen Anwendungsarten des Dampfes erst neuerlich aufmerksam geworden, und das Heizen mit ihm erst durch Rumford in Gang gekommen.

Ein Oberst Wilhelm Cook schlug bereits 1745 vor, die Zimmer mit Röhren von Metall zu heizen, durch die aus einem außerhalb befindlichen Dampfkessel beständig heißer Dampf strömt. Dieser Vorschlag wurde hin und wieder in England und auf dem festen Lande mit mehr oder weniger Erfolg ausgeführt, ohne daß jedoch das Heizen mit Dampf recht in Gang kam. In England wurden 1791 und 1792 deshalb Patente ertheilt.

Später machte man zu verschiedenen Zeiten Versuche, Flüssigkeiten mit Dampf zu erwärmen, erhielt aber keinen günstigen Erfolg, da man die Art nicht kannte, wie die Flüssigkeiten sich erwärmen, was erst Rumfords Versuche lehrten.

XII. Kapitel.

Luftheizung.

Die Anwendung der Brennstoffe zu praktischen Zwecken wird die Heizung genannt und hat die Aufgabe, die Wärme aus denselben so vollständig wie möglich in geeigneten Vorrichtungen (Oefen ꝛc.) zu entwickeln und mit dem geringsten Verlust ihrer Bestimmung zuzuführen. Diese letztere ist entweder eine rein gewerbliche, insofern die entwickelte Wärme als Beihülfe zur Verwandlung von Rohstoffen in Gegenstände unserer Bedürfnisse dient oder eine dem täglichen Leben angehörige, nämlich die Erwärmung der Räume, worin man sich während der kalten Jahreszeit aufhält, die eigentliche Zimmerheizung. Hier wird ausschließlich nur von der Zimmerheizung die Rede seyn.

Im Allgemeinen besteht die Heizung darin, daß die in dem Raum enthaltene Luft von dem verbrennenden Brennstoff auf einer unseren physischen Anforderungen entsprechenden Temperatur gegen die Kälte außerhalb erhalten wird. Die Fähigkeit der Luft, die empfangene Wärme durch ihre

Masse hindurch fortzupflanzen ist äußerst gering, und die Erwärmung der Luft würde auf diesem Wege sehr schwierig und langsam vor sich gehen, wenn nicht schon im Anfang derselben eine Strömung entstände, welche die hauptsächlichste Verbreiterin der Wärme ist. Die dem erhitzten Medium (der Ofenfläche) zunächst stehende Luftschicht erfährt nämlich mit der Temperaturerhöhung sogleich eine Vermehrung ihres Volums und somit eine Verminderung ihres specifischen Gewichts, wodurch sie von der kälteren von der Stelle gedrückt und genöthigt wird, sich in die obersten Regionen des Zimmers zu begeben. Die an die Stelle getretene kältere Luft erfährt dieselbe Bewegung u. s. f., bis nach und nach die ganze Menge der Zimmerluft auf dem Wege dieser Strömung Gelegenheit gefunden hat, sich an der heißen Fläche zu erwärmen. Die Geschwindigkeit einer solchen Strömung hängt also von der Ausdehnung der heizenden Oberfläche überhaupt und der Temperatur differenz zwischen der bereits erwärmten Luft, oder, was dasselbe ist, zwischen der Oberfläche und der noch kalten Luft ab, steht dagegen nicht in geradem Verhältniß damit, sondern ist der Quadratwurzel proportional. Hat die Zimmerluft z. B. 15° C. und die Oberfläche das eine Mal 80° C., das andere Mal 100° C., so wird die Strömung im letzten Falle um $\sqrt{\frac{80-15}{100-15}} = \frac{1}{1,14}$ schneller sein. Da sich die Wärme von einer Quelle aus, außer durch unmittelbare Berührung, auch durch Strömung fortpflanzt, so werden dadurch auch entferntere Luftschichten erwärmt. Man sieht nun leicht ein, daß auf diese Weise die Erwärmung der Zimmer leicht, schnell und mit geringem Aufwand von Brennstoff vor sich gehen würde, wenn nicht durch vielfältige Ursachen, welche mehrentheils in der Natur der Sache

liegen und niemals ganz zu vermeiden sind, in den Zimmern eine fortwährende Entziehung von Wärme und Entweichen von erwärmter Luft stattfände. Nämlich die Wände des Zimmers (namentlich Riegelwände, besonders wenn sie weder innoch auswendig mit schlechten Wärmeleitern bekleidet sind), sodann die Fenster- und Thürflächen werden fortwährend Wärme von der warmen Zimmerluft aufnehmen und nach außen abgeben; ferner steht die innere Luft, als wärmer und leichter, mit der äußern nicht im Gleichgewicht, sondern alle Oeffnungen, wie Ritzen der Thüren und Fenster und ganz besonders das Oeffnen derselben, werden dazu dienen, von unten kalte Luft herein, von oben warme Luft hinaus zu lassen. Eine Quelle der Erkältung entsteht endlich durch die nothwendige Ersetzung (Ventilation) der durch das Athmen und die Ausdünstung verbrauchten Luft. Nach Munke betragen die angeführten Verluste, selbst das abgerechnet, was die nothwendige Ventilation dazu beiträgt, in 12 Stunden das 5fache der Wärme, welche nöthig ist, das in einem Zimmer ursprünglich enthaltene Luftquantum auf 20° C. zu erwärmen.

Bei allen Feuerungsapparaten, sie mögen die Form haben wie sie wollen, lassen sich drei wesentliche Theile unterscheiden: der Raum, worin die Verbrennung vor sich geht, der Feuerraum oder Heerd; der Raum, worin die Hitze ihre Wirkung ausübt, der Heizraum; endlich der Rauchfang (Esse), welcher theils zur Hervorbringung des Luftzugs, theils zur Ableitung der Verbrennungsprodukte dient. Der Feuerraum oder Heerd hat im Allgemeinen zwei Bedingungen zu erfüllen, nämlich: 1) die möglichst vollständige Verbrennung des Brennmaterials, um mittelst desselben soviel Wärme hervorzubringen, als dasselbe zu geben im Stande ist; 2) die zweckmäßige Wirkung und Vertheilung dieser Wärme auf

den Heizraum. Jede Heizeinrichtung muß die Erhaltung der Temperatur, welche das Brennmaterial zu seiner Verbrennung bedarf und Hinzuführung der dazu erforderlichen Luft (Sauerstoff) erfüllen. Ein Mangel an dem einen oder andern hat ein unvollständiges Verbrennen zur Folge, wodurch also auch eine unvollkommene Wärmeentwicklung entsteht. Der zum Verbrennen erforderliche Luftzug geschieht durch den Rauchfang oder die Esse, welcher wesentlich nichts anderes ist, als ein auf eine bestimmte Höhe über den Feuerraum sich erhebender Kanal, dessen Querschnitt von irgend einer Form *), mit jenem (d. Feuerraum) innerhalb gewisser Verhältnisse bleiben muß und sowohl oben als unten mit der äußern Luft communicirt. Die Luftsäule, welche das Innere der Esse einnimmt, wird von einer äußern Säule desselben Umfangs im Gleichgewicht erhalten, ein Zustand, der aber von dem Augenblicke an aufhört, wo das Feuer auf die innere erwärmend einwirkt, diese ausdehnt und specifisch leichter macht. Das Gleichgewicht ist gestört, die äußere Luft sucht in den Raum, welchen die nunmehr aufsteigende innere verläßt, nachzufallen, dort angekommen sich ebenfalls zu erwärmen, einer neuen Quantität kalter Luft Platz zu machen u. s. f.; es wird mit einem Wort ein Luftzug entstehen, welcher so lange andauert, als die Verbrennung. Das Uebergewicht der äußern Luft wächst und fällt mit der Höhe der Esse und der Temperatur in derselben. Bekanntlich wird die Luft bei je 1° C., um welchen sie erwärmt wird, gugleich um $\frac{1}{274}$ ihres

---

*) Die zweckmäßigste Form des Querschnitts der Esse ist offenbar die, welche bei gegebener Oberfläche den geringsten Umfang hat, also die Kreisform und die polygonale mit vielen Seiten.

vorigen Volums ausgedehnt; in einem Kanale von gleichbleibendem Querschnitt wird aber eben dieses gerade durch die Höhe gemessen. Bezeichnet h die Höhe des Schornsteins, t den Temperaturunterschied der äußern und innern Luft, so hat man $h - \frac{h\,t}{274} = h\left(1 - \frac{t}{274}\right) = h'$ für die Höhe der innern Luftsäule, welche sie bei der Temperatur der äußern einnehmen würde. Die erstere ist also gleichsam um $h - h'$ oder $h - h\left(1 - \frac{1}{274}\right) = \frac{ht}{274}$ kürzer als die letztere, ein Höhenunterschied, welcher von dieser durchfallen werden muß, um in die Esse einzustreichen. Die Geschwindigkeit, welche sie nach Beendigung des Falles erlangt hat, ist nun überhaupt diejenige, womit sich die Luft in der Esse bewegt, und nach dem Gesetze des freien Falles doppelt so groß, als die während des Falles erfolgte Beschleunigung *). Für den vorliegenden Fall, wo $s = \frac{ht}{274}$ ist, hat man daher $c = 2\sqrt{g\,\frac{ht}{247}}$ für die Geschwindigkeit, welche der Theorie nach erfolgen müßte. Die gegebene Formel beruht aber auf

*) Bezeichnet g den Raum, welcher in der Secunde durchfallen wird (= 15′ Par. = 20,226′ hess.), t die Dauer des Falles in Secunden, s den Raum, welcher in der Zeit t durchfallen wird, und c die dadurch erlangte Geschwindigkeit, so ergiebt sich $c = 2g\,t$. Weil ferner der durchfallene Raum dem Quadrat der dabei verflossenen Zeit proportional ist, oder $s = gt^2$, folgt $t = \sqrt{\frac{s}{g}}$ und daraus $c = 2g\sqrt{\frac{s}{g}} = 2\sqrt{g\,s}$,

Voraussetzungen, welche in der Praxis niemals stattfinden, und die Erfahrung hat gelehrt, daß die wirkliche Geschwindigkeit in einer Esse, wegen Unregelmäßigkeit der Wände, gehemmten Eintrittes der Luft durch Rost und Brennstoff, veränderter chemischer Beschaffenheit derselben u. s. f., so sehr hinter der theoretischen Berechnung zurück bleibt, daß diese letztere zur Berechnung der erstern nicht unmittelbar benutzt werden kann. Die Reibung ist als ein großes Hinderniß anzusehen, welche der Luftstrom an der innern Essenfläche erfährt; nämlich die Kraft des Luftstroms wird bei seinem Anprallen an die hervorragenden Theile der rauhen Fläche theilweise gebrochen und diese Brechung muß wachsen mit der Anzahl dieser Theile, d. i. der Länge des Schornsteins und der Gewalt, mit welcher das Anprallen geschieht, d. i. der Geschwindigkeit des Zugs, und hängt endlich von der Natur des Materials ab, woraus die Esse besteht. Mauern mit Kalkmörtelverputz bieten mehr Reibung, als Gußeisen oder Blech. Der Einfluß der Reibung in einer Esse fällt mit dem wachsenden Durchmesser, weshalb weite Essen die Reibung viel weniger begünstigen als enge.

Der wichtigste Theil des Feuerraums ist der Rost. — Die Zwischenräume des Rostes sollen weit genug seyn, um die Asche hindurch zu lassen, zugleich aber auch so eng sein, um die unverbrannten kleineren Kohlen zurückzuhalten, sodann den Eintritt für die zur Verbrennung erforderliche Luft zu gestatten. Hieraus geht hervor, daß die Gestalt und die gegenseitige Entfernung der Roststäbe vielen Einfluß auf den Zug haben. Der Querschnitt der Stäbe muß stets von der Art sein, daß die Rostöffnungen sich nach unten erweitern, damit sie den Zutritt der Luft und das Durchfallen der Asche erleichtern. Sie sind in der Mitte höher, als an den

Enden, damit sie der Biegung besser widerstehen. Die Rostöffnungen müssen streng genommen eine Oeffnung bilden, welche zu dem Querschnitt der Esse in dem Verhältniß von 1:4 steht. Je größer die Heizkraft eines Brennmaterials, um so größer können die Rostöffnungen sein, je geringer, um so kleiner können dieselben seyn. Bei Holz kann der Rost zuweilen gänzlich wegbleiben, um durch eine in der Heizthüre angebrachte Oeffnung ersetzt zu werden. Die Roste sind gewöhnlich horizontal, haben aber öfters, damit sie das Zusammensinken des Brennstoffes befördern, eine korbförmige Biegung. Zuweilen haben dieselben nach hinten zu eine Neigung, welche Einrichtung besonders bei den eine lange Flamme gebenden Brennmaterialien von Nutzen ist. Bei stark backenden Steinkohlen, welche den Rost sehr leicht verstopfen, wendet man auch Roste an, deren Stäbe herausziehbar sind, wodurch man dieselben leicht von den Schlacken reinigen kann.

Wie schon in der Einleitung gesagt wurde, wird die Wärme auf zweierlei Weise auf die Umgebung übergetragen, nämlich durch Strahlung und durch unmittelbare Berührung (Leitung); die Benützung der strahlenden oder leitenden Wärme bei der Heizung bestimmt die Natur der verschiedenen Heizeinrichtuugen. Die strahlende Wärme macht immer den kleinern Theil der ganzen entwickelten Wärmemenge aus. Péclet fand die strahlende Wärme bei Holz $\frac{1}{4}$, bei der Holzkohle $\frac{1}{2}$, bei der Steinkohle ungefähr eben so viel und beim Torf und der Torfkohle $\frac{5}{12}$ von der ganzen entwickelten Wärmemenge. —

Erwärmung der Luft in den Zimmern durch strahlende Wärme.

Wie also eben bemerkt, enthält man durch Strahlung nur den kleineren Theil von der Wärmemenge, welche ein

Brennmaterial zu geben im Stande ist, und es ist daher leicht ersichtlich, wie unökonomisch Einrichtungen sind, durch welche man nur vermittelst dieser die Erwärmung der Zimmerluft bewerkstelligt.

Solche Einrichtungen, wo also blos die strahlende Wärme benutzt wird, sind Kamine, welche in Frankreich und England zu den gewöhnlichsten gehören. Bei den Kaminen geht die Esse gewöhnlich in das Zimmer und breitet sich an dem untern Theile in einer Höhe von einigen Fußen zu einer vorn offenen Nische aus, auf deren Boden sich ein Rost für das Brennmaterial befindet. Die zum Verbrennen erforderliche Luft strömt aus dem Zimmer nach dem Feuer und geht erwärmt unmittelbar, ohne Gelegenheit, einen Theil ihrer Wärme abzugeben, in die Esse. Da man die zuströmende Luft bei einem offenen Feuer nicht reguliren kann, so geht ein großer Theil der schon erwärmten Zimmerluft durch den Zug verloren. Die Strahlung ist also der einzige Weg, wodurch das Feuer seine Wärme der Zimmerluft mittheilen kann. Die Figuren 12 u. 13. zeigen den senkrechten und horizontalen Durchschnitt eines solchen Kamins. Alle an den Kaminen durch Rumford und andere angebrachten Verbesserungen haben daher theils zum Zwecke, die Strahlung nach dem Zimmer möglichst zu erleichtern, theils die Wärme der entweichenden Zugluft, so weit dadurch der nöthige Zug nicht leidet, dahin nutzbar abzuleiten, und sind endlich darauf berechnet, denselben zu regeln. Zu dem Ende hat man den Rostkorb, worin das Brennmaterial enthalten ist, so viel als möglich von der Kaminwand nach vorngerückt und die Nische desselben so gestaltet, daß deren innere Fläche, gleichsam wie der Reflector einer Laterne, die Wärmestrahlen auffängt und nach dem Zimmer sendet. Die Figuren 14 u. 15 zeigen den horizontalen und senkrechten

Durchschnitt eines Rumford'schen Kamins. Um die Reinigung zu erleichtern, besteht die Rückwand gewöhnlich nur aus leicht zusammengefügten Ziegelsteinen.

Da die bei den Kaminen benutzte Wärme nur von der Strahlung herrührend ist, so sind die vortheilhaftesten Brennmaterialien die, welche ein großes Strahlungsvermögen haben. Nun strahlen die mit Flammen brennenden Brennmaterialien am wenigsten Wärme aus, mithin ist das Holz das schlechteste Brennmaterial zur Beheizung von Kaminen. Ein besseres Brennmaterial sind Torf und Holzkohlen, Steinkohlen und Kohks. Da Steinkohlen oder Kohks weit weniger brennbar, als das Holz, der Torf, die Holz- und Torfkohlen sind, so können sie nur in einer hohen Temperatur brennen; eine Bedingung, welche es nothwendig macht, daß sie auf einem Rost liegen, damit sie von einem lebhaften Luftstrom durchstrichen werden.

Nachfolgend wollen wir einige der gebräuchlichsten Kamine beschreiben. Der Kamin von Lhomond. Dieser Kamin kann leicht in allen nach der alten Construktion gebauten Kaminen angebracht werden. Er besteht aus drei Platten, die alle drei gegen die Kamin-Rückwand geneigt sind. In der Mitte lassen sie eine rechteckige Oeffnung von 18 bis 19 Zoll Höhe und 16 bis 17 Zoll Breite. Lhomond verschließt diese Oeffnung durch eine bewegliche Platte, analog derjenigen, die vorn in den Kaminen von Désarnod (u. s. w.) befindlich ist. Zwischen beiden findet der Unterschied statt, daß in den Désarnod'schen die Platte das Feuer zu sehen hindert, wenn man dem Luftzug eine gewisse Geschwindigkeit geben will, während bei den Lhomond'schen diese Tafel hinter dem Feuer ist und es stets frei läßt.

Zwischen der Tafel und der Rückwand läßt Lhomond

nur 6 Zoll Zwischenraum; er führt eine kleine Mauer von Mauerziegeln auf, wenn diese Vertiefung zu bedeutend ist; ähnliche Mauern führt er auf den Seiten auf. Die Mauer von der Rückwand erhebt sich nur 12 Zoll über den Heerd. Auf diesen stellt er mehrere geneigte bewegliche Ziegelsteine, die sich auf eine kleine, in den Seitenmauern ruhende Stange stützen. Diese Vorrichtung hat den Zweck, die Rauchöffnung zu verengern, die nur 2 Zoll Breite behält. Die beweglichen Ziegelsteine werden, wenn die Esse gereinigt werden soll, weggenommen.

Die Fig. 16 stellt den Durchschnitt eines Kohks- oder Steinkohlen-Kamines mit Rost dar. Die Pfeiler sind wie bei dem Rumford'schen Kamine eingerichtet. Die Platte a b dient dazu, die Lebhaftigkeit der Verbrennung zu verändern. Zieht man sie bis zum Niveau des Rostes nieder, so muß alle Luft, die in das Zimmer dringt, durch das Brennmaterial gehen.

Rumford wandte Kamine mit Luftröhren an. Die gewöhnlich auf einem Boden, oder auf dem Dache, oder an der Fronte des Gebäudes aufgefangene Luft fällt durch eine im Innern des Kamins befindliche Röhre nieder, und geht zwischen zwei festen Platten in das Zimmer. Hie und da brachte man diese Luftröhren auch an dem Fußboden an, die alsdann vor dem Heerde auslaufen. Diese Einrichtung ist aber nachtheilig: 1) weil der Durchgang der kalten Luft das Zimmer sehr abkühlt; 2) weil, da die frische Luft unmittelbar auf den Heerd geführt wird, sie nicht zur Erneuerung der Luft in dem Zimmer benutzt werden kann, die daher stagnirend bleibt.

Dadurch daß man die Kaminöffnung verengerte und mit Schiebern versah, entstand eine Einrichtung, welche den Vortheil der Kamine mit dem der Oefen vereinigte und darum

Ofen-Kamine genannt wurde. Die Figuren 17 u. 18 stellen den Querdurchschnitt eines solchen Ofen-Kamins, von Désarnod erfunden, dar. Der Ofen besteht aus einem rechteckigen Kasten von Gußeisen oder von Blech; die Verbrennung wird durch die Zimmerluft unterhalten, deren Eintritt in den Ofen man durch mehrere bewegliche Platten M N, die sich in Falzen bewegen, reguliren kann. Sie sind an zwei Ketten gehängt, die sich über den Cylinder x rollen, den man außerhalb durch eine kleine Kurbel bewegt. Der Ofen steht auf einem Luftkanal, der sich unter dem Fußboden verlängert und nach außerhalb endigt. Die frische Luft circulirt zuvörderst zwischen zwei horizontalen Platten, welche die Basis des Kamins bilden, dringt durch die Oeffnungen o o ein, durchläuft die Krümmungen f g h, erhebt sich darauf in einen gußeisernen, rechteckigen Kasten k, dessen Oberflächen durch den Rauch erwärmt worden sind, und begibt sich von da in die Röhren R, aus denen sie durch die Wärmeöffnungen in das Zimmer ausgeht.

Diese Ofenkamine sind sehr vortheilhaft, 1) weil sie wie die gewöhnlichen Kamine die große Annehmlichkeit besitzen das Feuer sehen zu lassen; weil bei sehr bedeutender erhitzter Oberfläche die Wirkung des Brennmaterials sehr beträchtlich ist; 3) weil die Ventilation, welche sie herstellen, die Ventilation durch Fenster und Thüren, die der Gesundheit oft nachtheilig ist, verhindert.

In Ländern, wo es keine sehr kalten Winter giebt, wie z. B. in England, werden die Kamine noch lange in Aufnahme erhalten werden.

Erwärmung der Zimmerluft durch die Strahlung und Leitung der Wärme.

Die Einrichtung, bei welcher die Verbrennung zwar im Zimmer wie bei den Kaminen, aber in einem (die Zugöff-

nung abgerechnet) verschlossenen Raum vor sich geht und die entwickelte Wärme zunächst an dessen Wände und von da sowohl durch Strahlung als Leitung an die Zimmerluft übertragen wird, umfaßt die verschiedenen Zimmeröfen. — Der Verbrennungsraum im Ofen darf weder zu groß, noch zu klein seyn, sondern er muß im richtigen Verhältniß zu der Menge des Brennstoffes stehen, welche der Rauminhalt des Zimmers erfordert. Derselbe muß von schlechten Wärmeleitern umgeben und construirt seyn. Die mittlere Temperatur des Feuers, der Flamme und des Rauches wird auf 341° R. geschätzt, und diese Temperatur ist gerade hinreichend, die Verbrennung des Brennmaterials zu unterhalten; wenn nun aber gute Wärmeleiter zunächst am Feuer sind, so vermindert sich jene Temperatur in dem Maße, daß die Verbrennung gehemmt wird, wodurch natürlich eine unvollkommene Verbrennnng des Brennmaterials stattfinden muß. Deshalb werden die Seitenwände des Feuerraums aus Dachziegeln oder feuerfesten Backsteinen gemacht. Die Rauchverbrennung wird wesentlich dadurch begünstigt, daß man den Feuerungsraum nach der Mündung des Abgangskanals hin verengert, so daß die Oeffnung, welche den Feuerungskanal mit dem Abzugscanal vereinigt, enger ist, als der letztere, wodurch die Flamme conzentrirt, eine sogenannte Stichtflamme gebildet wird, die mit intensiver Hitze, gleich einer Löthrohrflamme, auf den Rauch wirkt und ihn verbrennt. Die Roste fehlen bei den alten Oefen gänzlich, weshalb auch eine unvollständige Wärmeentwicklung des Brennmaterials stattfindet. Unentbehrlich sind diese jedoch bei Oefen, in welchen mit Steinkohlen, Khoks, Braunkohlen und Torf geheizt werden soll. Wenn nun gesagt wurde, daß zur Unterhaltung eines guten Feuers ein Rost nothwendig ist, so ist es nicht minder wichtig,

daß bei einer Heizeinrichtung diejenige Oeffnung (Einheizthüre), durch die das Brennmaterial eingeführt wird, möglichst hermetisch geschlossen werde, indem jeder Luftzug, der von dieser Seite stattfinden würde, bedeutende Erkältung des Heerdes und des zu verbrennenden Brennmaterials hervorbringen würde. Während bei den Kaminen die Heizung von dem Feuerraume ausgeht und ein eigentlicher Heizraum gar nicht vorhanden ist, so spielt dieser bei den Oefen die wichtigste Rolle und ist in der Regel der ausgedehnteste Theil derselben. Derselbe muß hinreichende Oberfläche besitzen, um die empfangene Wärme in einer gegebenen Zeit in dem Maße nach außen zu verbreiten, als sie durch die bekannten Ursachen fortwährend verloren geht. Die Wärme soll aber nicht allein durch die Masse des Heizraumes von Theilchen zu Theilchen, sondern auch von dessen Oberfläche an die Luft fortgepflanzt werden, was theils durch die vorhandene Berührung mit derselben, theils aber auch durch Strahlung geschieht, wozu die verschiedenen Oberflächen sehr ungleich geeignet sind. Die Materialien, welche zur Construktion von Oefen benutzt werden, sind Gußeisen, Schwarzblech, gebrannter Thon (Backsteine), seltner Faïence und Porzellan. Es ist darum nothwendig, den Grad ihrer Fähigkeit zu kennen, mit welcher sie die empfangene Wärme fortzupflanzen vermögen, von der man aus der täglichen Erfahrung weiß, daß sie bei den Metallen ungleich größer ist, als bei andern Körpern. Die Leitungsfähigkeit ist nach Despretz beim Thon 33 mal geringer als beim Eisen. Nach Péclet geschieht die Fortpflanzung oder Mittheilung der Wärme von der Oberfläche an die Luft beim Eisenblech 1,21 mal, beim Gußeisen 2 mal rascher, als beim Thon, so daß überhaupt unter gleichen Umständen das Eisen in derselben Zeit

$\frac{33}{2} = 16{,}5$ mal und das Blech $\frac{33}{1{,}2} = 27{,}5$ mal mehr Wärme abgeben, als der Thon. In der Praxis muß also für gleichen Effect der Heizraum aus Thon 27,5 mal so groß, als ein blecherner, oder 16,5 mal so groß, als ein gußeiserner seyn. Darum heizen eiserne Oefen rasch und erkalten schnell, thönerne umgekehrt. Wenn die Brennstoffe mit derjenigen Schnelligkeit verbrennen, welche zur vollständigen Entwicklung der Wärme nothwendig ist, so geschieht diese letztere viel rascher und intensiver, als es für den Zweck der Zimmerheizung paßt, welche eine anhaltend gleichbleibende Temperatur, d. h. eine zwar vollständige, aber so langsam vor sich gehende Entwicklung der Wärme erheischt, daß dadurch möglichst lange auf die Zimmerluft eine Temperatur von 20° hervorgebracht wird. Wie begreiflich, ist das Eisen nicht das Material, welches besonders dazu geeignet ist, diesen Uebelstand auszugleichen, weil es die Wärme eben so schnell verbreitet als empfängt. Dagegen gewährt der Thon aus den entgegengesetzten Ursachen darin einen entschiedenen Vortheil: so rasch ihm auch die Wärme von innen zufließen mag, stets wird er sie ungleich langsamer und allmählich abgeben. Insoferne während der Wirkung des Brennstoffes stets mehr Wärme vom Thon aufgenommen, als abgegeben wird, findet so zu sagen eine Art von Aufspeicherung Statt, welche sich als eine eben so vortheilhafte als annehmliche Regulirung der Verbrennung zu erkennen giebt.

Meist wird die Communication mit dem Schornstein und dem Heizraum durch eisenblecherne Rauchröhren vermittelt und sind dieselben, indem sie im Zimmer aufsteigen und rings von Zimmerluft umgeben sind, wodurch sie gleichsam eine Verlängerung des Heizraums bilden, als ein wesentlicher Theil

der Oefen zu betrachten. Die Durchmesser dieser Rauch- oder Cirkulationsröhren differiren je nach der Quantität des zu verbrauchenden Brennmaterials von 4 bis 8 Zoll. Bei Anwendung von Braun- und Steinkohlen würden enge Röhren zu leicht durch den Ruß verstopft werden. Die Windungen der Circulationsröhren hat man senkrecht auf- und niedergehend, senkrecht auf- und horizontal fortgehend, spiralförmig aufgehend wie die Gänge einer Schraube ꝛc. zu konstruiren vorgeschlagen. Die Erfahrung ergab, daß die senkrechten oder auf- und absteigenden Röhren einen stärkeren Zug, als die horizontalen haben, und daß bei den ersteren die Röhrenwände nicht so schnell erwärmt werden, wogegen letztere wegen minder starken Zuges eine größere Menge Wärme abgeben, aber mehr Ruß absetzen, und daher fleißiger gereinigt werden müssen, außerdem solche an Leitungsfähigkeit verlieren. Man kann die Verbrennungsprodukte so lange in den Rauch-Röhren leiten, bis ihnen nur noch die zum Emporsteigen im Schornsteine nöthige Temperatur bleibt, wozu eine von 50 – 60° C. genügt.

Da die Rauchröhren dem Rauch, der sich nicht aufhalten läßt, einen Theil seiner Wärme so schnell als möglich entziehen müssen, so sind dieselben aus guten Wärmeleitern, nämlich Eisen ꝛc., zu construiren.

Da in den meisten Wohnungen die Schornsteine so weit gebaut sind, daß sie zum Behufe ihrer Reinigung von einem Mann durchfahren werden können, so dient der Schornstein nur noch zum Rauchableiten und hört beinahe gänzlich auf, den Zug zu erregen, eine Funktion, welche die Rauchröhre übernimmt; es geht diese deshalb immer mehrere Fuß in den Schornstein.

Dem Material nach unterscheidet man den bei uns ge-

wöhnlichen Leitungsofen von Eisen gegenüber dem sogenannten Massenofen aus Thon. Erstere Art Oefen sind entweder aus Gußeisen oder Eisenblech gefertigt. Sie führen die Wärme schnell durch sich durch und ertheilen daher der Zimmerluft in kurzer Zeit mehr Wärme mit, als die Massenöfen; da sie jedoch eben wegen der bessern Wärmeleitung nach dem Verbrennen des eingelegten Brennmaterials schnell erkalten, und nur bei wiederholter Einfeuerung eine anhaltende Temperatur erlangt werden kann, so sind sie nur in den Fällen geeignet, wo man eine baldige aber kurz andauernde Wärme wünscht. In ökonomischer Beziehung stehen daher diese Oefen weit hinter den Thonöfen, und beruht deren häufige Anwendung nur auf ihrer Wohlfeilheit, einem bleibenden Materialwerthe und der Leichtigkeit, mit welcher sie fabrikmäßig angefertigt werden können. Ferner tadelt man an den eisernen Oefen, daß sie bei starker Erhitzung einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch verbreiten, die Luft austrocknen, oder wie man zu sagen pflegt, eine trockne Hitze geben, welche Kopfschmerzen verursache. Der durch starkes Heizen eiserner, namentlich blechener Oefen verursachte Geruch rührt eines Theils von der Verkohlung des Staubes her, der sich entweder auf dem Oefen selbst, oder in der Zimmerluft schwebend befindet. Andern Theils nimmt man an, daß eine Zersetzung der in der Luft befindlichen Wasserdämpfe an den stark erhitzten Ofenwänden Statt finde, wodurch sowohl der Geruch als die Trockenheit der Zimmerluft entsteht. — Nach Fritzsche kann man diese Unannehmlichkeit am besten dadurch mildern, daß man die innere Fläche des Ofens, wenn auch nur des Heizkastens, die der Einwirkung des Feuers am meisten ausgesetzt ist, mit Kacheln oder feuerfesten Dachziegeln aussetzt, um der zu starken Erhitzung der Eisenplatte vorzubeugen.

Die sogenannten Massenöfen werden entweder aus gebrannten Ziegeln oder Kacheln gemacht. Die Erwärmung des Zimmers bei den Massenöfen besteht darin, daß die Hitze von einer größern Steinmasse während der Verbrennung aufgesammelt und von da nach dem Erlöschen des Feuers langsam und gleichmäßig ausströmt. Aus der gegebenen Menge Luft (= A), welche der Ofen stündlich zum Ersatz der Abkühlung und Ventilation (auf t^0) erwärmen muß, läßt sich leicht die erforderliche Thonmasse nach Kubikfußen berechnen. Im Mittel wiegen 1 C. F gebrannter Thon 62 Pfd., 1 C. F. Luft von 20° C. 0,037 Pfd., also bei gleichem Umfange 1680 mal weniger, auch bringt dieselbe Wärmemenge gleiche Temperatur in gleichen Massen beider Körper hervor (die specifische Wärme der Luft und des Thons sind nahe $\frac{1}{4}$ des Wassers). Daher wird die Wärme, welche nöthig ist, um 1680 Kubikfuß Luft auf die gewünschte Zimmertemperatur oder t^0 über die äußere zu erwärmen, hinreichend sein, denselben Effekt bei 1 C. F. Thon hervorzubringen. Letzterer wird aber durch die Wirkung des Feuers weit heißer und erwärmt die Zimmerluft dadurch, daß er vom vorhergehenden Nachschüren zum andern von dem Maximum der erlangten Hitze = T^0 bis auf eine Temperatur t'^0 erkaltet, welche noch merklich höher ist, als t^0. Die durch das Erkalten abgegebene Wärme wird ein im Verhältniß von $t^0 : (T - t')^0$ größeres Volum Luft auf t^0 erwärmen, woraus sich dann $Q = \frac{A t^0}{(T - t')^0 \, 1680}$ als das der zu erwärmenden Luftmasse entsprechende Thonvolum ergiebt (Knapp). Wenn die Kacheln nicht gut gebrannt und glasirt sind, so lassen dieselben den Kohlendunst leicht durchdringen, ein Uebelstand, der sich vorzüglich reizbaren Individuen durch Kopfschmerzen, Schwindel ꝛc. kund giebt und

nachtheilig auf die Gesundheit einwirken kann, wenn der Aufenthalt neben einem solchen Ofen ein anhaltender ist. Diesen Uebelstand kann man also durch gutes Brennen und Glasiren vollkommen beseitigen. — Oefen, welche gleichzeitig aus Eisen und Kacheln bestehen, nennt man combirte Oefen. Dieselben ertheilen dem Zimmer, da sie zum Theil aus guten, zum Theil aus schlechten Wärmeleitern bestehen, schnell und anhaltend die in ihnen entwickelte Wärme mit und passen daher für ein gemäßigtes und veränderliches Klima am besten. In Deutschland sind hauptsächlich die Leitungsöfen, dagegen im Norden (Schweden, Rußland 2c.) die Massenöfen gebräuchlich. In Bezug auf die äußere Form oder Figur der Oefen unterscheidet man a) Kastenöfen, solche, wo der ganze Ofen einem Kasten ähnlich sieht, sie sind in der Regel die unvortheilhaftesten; b) Etagenöfen, der Aufsatz derselben ist durch Durchbrechungen in mehrere Theile (Etagen) gesondert, und sind, indem sie viele Außenfläche darbieten, den Kastenöfen vorzuziehen; c) Spiralöfen; bei diesen besteht der Aufsatz aus einem Rohre, welches sich in spiralschraubenförmiger, der Natur der kreiselnden Rauchsäule angemessener Richtung um eine Axe aufwärts windet. Sie bieten dadurch ebenfalls dem Zimmer viel Außenfläche dar. Ferner unterscheidet man d) Säulenöfen, e) Kanonenöfen, f) Vasenöfen u. s. w.

Nach den bisher entwickelten wissenschaftlichen Grundsätzen wird es leicht seyn, einen zweckmäßigen Ofen, von von welcher Art er auch seyn soll, zu construiren, weshalb wir hier Beschreibungen von einzelnen Oefen unterlassen.

Für die Fälle, wo man, sey es wegen der Reinlichkeit, Eleganz, wegen der Sicherheit wie in Gefängnissen 2c., oder aus Gründen der Raumersparniß, den Ofen aus dem Be-

reiche des Zimmers wünscht, hat man den Weg eingeschlagen, die Erwärmung des erforderlichen Luftquantums an einem besondern Orte in den tiefer gelegenen Theilen des Hauses vorzunehmen, und dasselbe durch Röhren oder Canäle in die zu heizenden Zimmer zu vertheilen. Man nennt diese Art Heizung die Luftheizung. Nach einigen Stellen der alten griechischen und römischen Autoren soll diese Heizung schon sehr alten Ursprungs seyn. Vor mehreren Jahrhunderten war es in den Kapuziner-Klöstern üblich, die Wärme durch mehrere in den Scheidemauern angebrachte Canäle zu leiten, und aus etlichen mit Flor bedeckten Oeffnungen unbemerkt in die Gemächer einströmen zu lassen, und waren solche Wärmeleitungen bisweilen auch an dem Fußboden angebracht. Aehnliche Luftheizeinrichtungen finden sich, wenn auch unvollkommen, im Schlosse Marienburg in Preußen, welches im dreizehnten Jahrhundert erbaut wurde, ferner in dem alten Rathhaus zu Lüneburg, welches zu derselben Zeit gebaut wurde. In der deutschen Uebersetzung des Vignola, von Sturm, Wolfenbüttel 1699, findet sich diese Heizungsart genau beschrieben. In neuerer Zeit wurde indessen diese Ar-Heizung zuerst von dem Engländer Strutt 1792 in Anwendung gebracht, und fand erst dann eine allgemeine Anwendung, als Prof. Meißner in Wien dieselbe nach einem den wissenschaftlichen Lehrsätzen entsprechenden Systeme construiren lehrte. — Wenn dem zu erwärmenden Raume heiße Luft zugeführt wird, so muß die im Zimmer enthaltene kalte Luft auf irgend eine Weise im Stande seyn, jener Raum zu geben. Bisher hatte man nun dafür keine weitere Sorge getragen, sondern ließ die vorhandene Luft vermittelst der nachströmenden durch die Ritzen der Fenster rc., und die hier und da sich öffnenden Thüren verdrängen; der Effect war

daher ein zufälliger und von Umständen abhängiger und zwar immer mit Wärmeverlust verbunden. Meißner nun leitete die verbrauchte zum Theil abgekühlte Luft nach dem Ofen zurück, wo sie auf's neue erwärmt wieder in's Zimmer gelangt, oder leitet die Luft des Zimmers wieder nach dem Ofen, aber nicht um wieder erwärmt zu werden, sondern um zur Speisung des Brennmaterials im Innern des Ofens zu dienen. Bei der letztern Methode wird in so fern eine Ersparniß bezweckt, als das Feuer nicht mit kalter Luft von außen, sondern mit wärmerer Luft aus dem Zimmer ernährt wird. Diese Ersparniß beträgt jedoch nur einige Procente, was zu gering ist, um besondere Einrichtungen, die dazu nöthig sind, zu lohnen, woher es denn kommt, daß man in der Praxis die beiden letzten Methoden am besten verbindet. Es kann die Luft, welche einige Zeit cirkulirt hat, nach Belieben in den Feuerheerd gelassen und durch frische Luft von außen her ersetzt werden, deren Erwärmung dann gerade so viel kostet, als durch die Benutzung jener zur Speisung des Feuers erspart wird.

Die Luftheizungsapparate bestehen im Wesentlichen aus zwei Theilen, nämlich: aus dem Ofen oder dem Feuerraume und dem Behälter für die zu erhitzende Luft, welche sodann durch Röhren in die zu heizenden Zimmer geleitet wird. Man unterscheidet bei den Luftheizungsapparaten sogenannte Mantelöfen, wo der Ofen mit einem Mantel umkleidet ist, und solche, wo der Ofen in einer besonderen Heizkammer sich befindet.

Wir wollen hier die Beschreibung eines solchen Mantelofens nach Fritzsche geben. Die Fig. 19 stellt einen Längendurchschnitt nach der punktirten Linie yy in Fig. 21, die Fig. 20 eine Vorderansicht, Fig. 21 einen Grundriß und

Fig. 22 einen Längendurchschnitt nach der Linie z z in Fig. 21 dar. Gleiche Buchstaben in diesen Figuren bezeichnen immer gleiche Theile. A ist ein eiserner Cylinderofen mit einem zwei oder mehrmal niedergehenden Rauchrohre a a, welcher mit einem gemauerten, gleich hohen, oben offenen Mantel B B umkleidet ist, in welchem unmittelbar am Fußboden so viel Oeffnungen b, b, .. von etwa 3 Zoll Höhe und 6 Zoll Breite ausgespart sind, daß die Festigkeit des Mantels nicht leidet. Der Raum zwischen dem Ofen und Mantel kann 3—6 Zoll betragen. Die Buchstaben c und d stellen die Heizthür und den Rost vor.

Mit dem Beheizen dieses Ofens wird die zwischen Ofen und Mantel erwärmte, und somit dünner und leichter gewordene Luft von der durch die Oeffnungen b, b, b, eindringenden kalten und schwereren Luft des Fußbodens emporgetrieben, entweicht sodann aus dem offenen Mantel und steigt nach der Decke auf, an welcher sie sich horizontal verbreitet. Durch das immerwährende Einströmen der kalten Luft bei b, b und das analog erfolgende Aufsteigen der heißen Luft nach der Decke werden die schon oben befindlichen warmen Luftschichten nach und nach zum Herabsinken genöthigt und durch diese für die Dauer der Heizung ununterbrochene Zirkulation eine gleichmäßige Erwärmung des Locals erzielt. Absorbirt auch der gemauerte Mantel anfänglich einen Theil der Wärme, so kommt solche doch nach aufhörender Beheizung des Ofens dem Zimmer noch zu gute, da eben dieser Umstand die Fortdauer der Zirkulation für eine geraume Zeit begünstigt. Durch das Verschließen der obern Oeffnung des Mantels mittelst einer Thür oder Klappe läßt sich die Zirkulation, mithin jede Steigerung nach Wunsch hemmen, der Mantel dient dann als Reservoir für die Wärme, welche

später durch Erneuerung der Zirkulation wieder benutzt werden kann.

Bei einer Construktion des Ofens, wie wir sie bis jetzt kennen gelernt haben, würde nur immer dieselbe Zimmerluft zirkuliren; es läßt sich aber dieser Apparat leicht zur Heizung mit Luftwechselnng einrichten. Zu diesem Zwecke ist ein Kanal e Fig. 21 u. 22 anzulegen, durch welchen von einem außerhalb des Zimmers befindlichen Raume atmosphärische Luft unmittelbar über den Fußboden in den Raum innerhalb des Mantels geführt wird; die kalte Zimmerluft wird aber durch einen noch anzubringenden Abzugscanal f f (Fig. 19, 21 u. 22) in den Rauchfang oder ins Freie geführt. Die Oeffnungen b, b, b, sind in diesem Falle geschlossen.

Mit einem solchen Mantelofen können auch bequem darüber oder daneben liegende Zimmer geheizt werden. Im ersteren Falle muß ein Rohr k in den durch Klappe und Schieber oben und unten verschlossenen Mantel Fig. 23 u. 24 aus und am Fußboden des darüber befindlichen Zimmers einmünden; die kalte Luft des letzteren kann man, wenn blos Zirkulation der Stubenluft beabsichtigt wird, entweder durch ein Rohr l von etwa 6 Zoll Durchmesser oder durch einen Canal ll in der Mauer Fig. 24 u. 25 unterhalb in den Mantel führen. Soll dabei aber Austausch der Zimmerluft mit atmosphärischer oder solcher zugleich mit Zirkulation Statt finden, so darf man nur den Canal e öffnen und von der durch das Rohr oder den Canal ll in den Mantel zu führenden Zimmerluft einen Theil durch das Rohr y, das einen Durchmesser von 2 Zoll hat, unter dem Roste in den Feuerraum einstreichen lassen. Im zweiten Falle, d. h., wenn ein nebenbefindliches Zimmer zugleich mitgeheizt werden soll, muß, wenn der Ofen sich unmittelbar neben der

Wand dieses Zimmers G befindet, diese Wand bei g und h Fig. 26 durchbrochen seyn. Befindet sich das mit zu beheizende Nebenzimmer aber abwärts der Wand, an welcher der Ofen steht, so werden Oeffnungen m u. n, von 6 bis 9 Zoll Höhe und 18 bis 20 Zoll Breite, oder an der Decke eine Oeffnung m und am Fußboden des mit zu beheizenden Zimmers ein bis unter den Mantel sich fortziehender Canal o p angebracht.

Die folgenden Figuren stellen einen Luftheizungsapparat vor, wo sich der Ofen in einer besondern Heizkammer und zwar unter dem Horizonte der zu erwärmenden Räume befindet. Die Fig. 27 stellt den Längendurchschnitt nach der Linie x x in Fig. 28 dar, die Fig. 28 eine Vorderansicht und die Fig. 29 einen Grundriß, entsprechend einer durch die Mitte des Cylinders B in Fig. 27 horizontal gelegten Ebene. A bezeichnet den inneren Raum der Heizkammer, der durch die ohngefähr 2 Fuß dicken, aus Ziegeln ausgeführten Umfassungswände gebildet wird. B bezeichnet den Heizcylinder, wozu die Cylinder zweier Kanonenöfen benutzt worden sind. C ist der Ansatz aus starkem Eisenbleche, von welchem die blechernen 11 Zoll weiten Röhren I, II, III, IV, V u. VI abgehen, so daß der Rauch bei w in die Esse einströmt; das letzte Rauchrohr soll noch durch die 3 Röhren g, g, g möglichst abgekühlt werden.

Die Röhren I, II ... sind mit Deckeln (Fig. 27) versehen und können vom Vorkamine aus gereinigt werden. Am letzten Rauchrohre befindet sich noch eine Art Kolben c, welcher dazu dient, nach abgegangenem Feuer, zur Vermeidung schneller Abkühlung, den Ofen von der Esse abzuschließen. D ist die Eingangsthür. E ist die Heizthür und F die Aschenthür; der Feuerraum ist 12 Zoll hoch, 13 Zoll breit und der Rost eine Elle lang. G bezeichnet die Ausmündung für die heiße

Luft in das zu heizende Lokal. H ist das Zuführungsrohr für die atmosphärische Luft, welche theilweise durch die schon erwähnten Röhren g, g, g an das in die Esse führende Rauchrohr, so wie aus dem umgebogenen Ende unmittelbar an den Heizcylinder ausströmt. I ist der Canal für die kalte Luft vom Zimmer; derselbe ist in Fig. 29 im Querschnitte, in Fig. 27 u. 28 punktirt zu sehen. Auch von ihm geht ein Blechrohr, entgegengesetzt dem Rohre H, unmittelbar an den Heizcylinder, um eine stärkere Abkühlung zu bezwecken. Um die Verbrennung des ersten Heizcylinders oberhalb desselben, wo die Abkühlung nicht kräftig genug einwirkt, zu verhindern und denselben vor der Stichflamme zu schützen, ist eine Eisenplatte v eingeschoben, welche jederzeit leicht ausgewechselt werden kann. Auf der eisernen Stütze x ruht der Cylinder B. y ist Mauer. Mit diesem Luftheizungsofen wird der Trockensaal der Herren Heynig u. Comp. in Plauen sehr vortheilhaft geheizt, weshalb wir diesen Apparat aus Fritzsche's Brennstoffkunde entlehnten.

Zu den Vortheilen dieser Heizungsmethode kann man zählen 1) die gleichmäßige, gleich vom Boden ausgehende Heizung der Locale, daher diese Art Heizung für Trockenstuben ꝛc. sehr geschickt ist. 2) Die Zahl der Oefen wird auf einen vermindert und der Brennstoff in diesem besser benutzt, als wenn er in mehrere Oefen vertheilt brennt. 3) Der so leicht zu bewirkende Austausch der durch Ausathmung, Beleuchtung ꝛc. verdorbenen Zimmerluft gegen äußere: Deshalb eignet sich diese Art Heizung sehr für Lehr-, Arbeits- und Krankenzimmer. Sodann 4) größere Sicherheit gegen Feuersgefahr, Reinlichkeit, Ersparniß an Raum ꝛc. Dagegen hat die Luftheizung folgende Nachtheile. 1) Ist es immer schwierig, in den verschiedenen einzelnen Räumen eine bestimmte

und gleichmäßige Temperatur zu unterhalten. 2) Wird durch die starke Luftzirkulation der im Zimmer befindliche Staub mit in Zirculation gebracht und somit für das Einathmen sehr beschwerlich. 3) Besitzt die warme Luft aus den Luftheizungsapparaten eine besonders für den Athmungsprozeß zu große Trockenheit.

XIII. Kapitel.

Wasserheizung.

Wie aus dem vorigen Kapitel hervorgeht, besteht die Luftheizung darin, daß die Wärme von einer Centralfeuerung aus auf die Luft übertragen und diese alsdann an die verschiedenen Orte, Zimmer ꝛc. vertheilt wird. Anstatt die Luft unmittelbar zu erwärmen, hat man in vielen Fällen einen Zwischenkörper, nämlich das Wasser gewählt, welches auf ähnliche Weise die Wärme von der Centralfeuerung empfängt und, nach den einzelnen Theilen des Gebäudes geleitet, wieder abgiebt. Es dient also das Wasser lediglich dazu, um die Wärme zu transportiren, als ein Träger derselben, und ist in der That wegen seiner großen specifischen Wärme dazu in hohem Grade geeignet. Nach Delaroche und Berard verhalten sich nun die Wärmemengen in 1 Gewichtstheil Wasser und 1 Gewichtstheil Luft von gleicher Temperatur wie 374,6 : 100; oder die Wärme, welche beim Erkalten von Wasser um 100° z. B. frei wird, vermag die Temperatur von 3,74 mal so viel Luft um eben so viel Grade zu erhöhen. Es ist

also hier ein ähnliches Verhältniß, wie bei dem Thon; die Wärme, welche ein gegebenes Luftquantum erfordert, kann in einem verhältnißmäßig viel kleineren Quantum Wasser Raum finden und gleichsam darin aufgespeichert werden.

Perkins in London war der erste, welcher diese Heizungsart einführte. Hier wollen wir die allgemeine Einrichtung eines solchen Heizungsapparates beschreiben. Der Umkreis der Röhren a bis k in Fig. 30 ist genau verschlossen. A, B, C sind drei Spiralen mit kreisförmigen oder quadratischen, durch die Röhren gebildeten Basen. Die eine A liegt in einem Heerde, die übrigen in den zu erwärmenden Räumen; m ist ein Gefäß, in welchem die Expansion des Wassers ererfolgt; n ist eine Oeffnung, durch welche sich die Luft entwickelt, wenn man den Apparat füllt. Die Fig. 31 u. 32 stellen den Ofen dar, in welchem die Spirale A erhitzt wird, und zwar ist die Fig. 31 eine perspectivische Ansicht des Apparats, wobei man annimmt, daß die vordere Wand weggenommen sey, die Fig. 32 dagegen ein senkrechter Durchschnitt. Die Fig. 33 stellt den Verschluß einer Röhre an einem der Enden dar. Die Röhre ist mit Schraubengängen versehen und an dem Ende zugeschärft. Sie ist mit einer Schraube mit flachem Boden bedeckt; zieht man nun die Schraube stark an, so tritt die Zuschärfung der Röhre in das Eisen der Schraube und bildet eine vollkommen dichte Fuge.

Man könnte den Apparat füllen, indem man ganz einfach Wasser in die Expansionsröhre gösse, und dabei die Luftröhre offen ließe. Da aber die Röhren nur einen geringen Durchmesser haben, so würde zu fürchten seyn, daß Luft in dem Apparate zurückbliebe, ein Umstand, welcher seinen Betrieb verhindern und bedeutende Zufälle veranlassen könnte. Man füllt daher den Apparat gewöhnlich durch eine Druck-

pumpe, welche darauf auch zum Probiren des Apparats unter einem Drucke von wenigstens 200 Atmosphären dient. Die Erwärmung des Wassers in der Spirale A wird sich zunächst, wenn sie vom Boden aus geschieht, auf die unteren Wasserschichten erstrecken, diese ausdehnen, specifisch leichter machen und dadurch nöthigen, nach den nächstliegenden Theilen des Apparates, also anfangs nach a, von da in das Rohr b, c und endlich auf die Höhe d emporsteigen. In demselben Verhältniß wird aber das kältere Wasser durch die Spiralen C und B nachfließen müssen, wenn unten keine Leere entstehen soll; ein Spiel, was so lange dauert, als noch Temperaturunterschied in den verschiedenen Theilen des Wassers vorhanden ist, oder niemals aufhört, wenn das aufsteigende warme Wasser unterwegs abgekühlt und der Temperaturunterschied dadurch forterhalten wird. Die Wärme selbst dient also als bewegende Kraft der Circulation, welche um so rascher stattfinden wird, je weniger Abkühlung und Hindernisse den aufsteigenden Strom hemmen. Die Dimensionen des Heerdes und der Leitung müssen so abgeglichen sein, d. h. die Abkühlung so rasch erfolgen, daß kein Dampf gebildet werden kann.

Die Quantität Wasser, welche per Minute von dem Apparate nach den zu heizenden Räumen geliefert werden, kann leicht nach Dr. Knapp auf folgende Weise bestimmt werden. Ist A die Luft in C. F. und um t^0 wärmer als die äußere, welche in der Minute verloren geht und ersetzt werden muß, ist ferner 1 C. F. Wasser 770 mal schwerer als 1 C. F. Luft, so entsprechen A C. F Luft $\frac{A}{770}$ C. F. Wasser dem Gewichte nach; aber die Wärme, welche jene (A) auf t^0 brachte, vermag nur nahe den vierten Theil von diesen $\left(\frac{A}{770}\right)$, oder ge-

nauer $\frac{A}{3,746 \times 770}$ eben so weit zu erwärmen; es werden mit andern Worten $\frac{A}{3,746 \times 779}$ C.F. Wasser, beim Erkalten um t^0, gerade A C. F. Luft um eben so viel erwärmen. Das Wasser in den Röhren hat aber nahe 100^0 und giebt davon $60-70^0$ ab oder erkaltet allgemein um $(T-t')^0$, darum wird man auch um ebenso viel Wasser weniger bedürfen, als $(T-t')^0$ höher ist, als t^0, nämlich:

$$\frac{At^0}{3,746 \times 770\ (T-t')^0} = \frac{At^0}{2884,4\ (T-t')^0} = Q \text{ C. F.} = Q$$

$31^1/_4$ Pfd. Wasser per Minute. Um die Leitung einer solchen Leistung anzupassen, ist die Kenntniß der Geschwindigkeit nöthig, mit welcher das Wasser sich in Röhren bewegt. Sie wird im Wesentlichen gerade so bestimmt, wie der Zug der Kamine, nur daß die Reibung des Wassers, als von der Luft verschieden, eine besondere Berücksichtigung erfahren muß. Die Geschwindigkeit führt mit Q zusammen auf den Durchmesser der Röhren und letzteres auf die Dimensionen der Feuerung. Das Steigrohr sucht man durch Umgeben mit schlecht leitenden Substanzen vor Abkühlung möglichst zu bewahren und ohne Biegung zu erhalten, dem Fallrohr dagegen alle Gelegehneit einzuräumen, wobei es Wärme an die Zimmerluft abgeben kann. Wenn die Heizung sich auf sehr ausgedehnte Räume erstreckt, so wird das Wasser in den hinteren Zimmern zu kalt ankommen; man thut dann gut, jede Hälfte des Raums durch eine besondere Leitung zu speisen. Bei den Wasserheizungsapparaten muß man ganz besonders darauf sehen, daß das Wasser nicht etwa in den Röhren gefriert, indem sonst diese unfehlbar bersten würden. Diese Heizungsmethode kann man, ohne

daß bedeutende Veränderungen vorzunehmen sind, in alten Gebäuden einrichten.

XIV. Kapitel.

Dampfheizung.

Die vielseitig technische Anwendbarkeit des Wasserdampfes mußte sehr bald auf die Idee führen, denselben auch zur Heizung zu benützen, wozu ihn der bedeutend hohe Temperaturgrad, welchen die Dämpfe in geschlossenen Räumen, selbst bei geringer Pressung, annehmen, vorzüglich geeignet erscheinen ließen. Die Anwendung selbst stellte sich höchst einfach dar, indem es nur nöthig war, die in einem abgesonderten Raum erzeugten Dämpfe in die zur Heizung bestimmten Räume zu führen und dort, mit guten Wärmeleitern umgeben, circuliren zu lassen, wo sie dann ihren überflüssigen Wärmegrad an die umgebende Luft abgeben, dadurch aber in Wassergestalt condensirt sich wieder abführen lassen. Auf diese einfache Theorie hin baute Tredgold sein System der Dampfheizung, und die Erfahrung hat dieselbe als vollkommen praktisch erwiesen.

In irgend einem Raume wird nämlich ein Dampfkessel von angemessener Größe und mit Sicherheitsventilen und Nachfüllungsapparaten versehen, aufgestellt. Von ihm aus geht das Hauptdampfrohr, das sich nachher in mehrere, mit

Drosselventilen versehene Nebenröhren theilt, welche die Dämpfe nach den einzelnen Zimmern führen, wo sie, durch Wärmebehälter von beliebiger Form aus Gußeisen oder Eisenblech geleitet, ihre Wärme abgeben, und als Condensationswasser wieder in den Nachfüllungsbehälter zurückfließen. Wo man keine besondern Wärmebehälter aufstellen will, kann man die Dampfröhren selbst dicht am Zimmerboden herumführen und das Condensationswasser ableiten. Alle Dampfröhren, in denen Condensirung eintreten kann, müssen so gelegt werden, daß sie einen Fall von etwa $\frac{1}{100}$′ haben, und zwar in der Richtung des Dampfstroms, weil sonst in den Röhren das durch den Dampfdruck aufgehaltene Condensationswasser Verstopfungen herbeiführen würde. Wo die Röhren nicht zur Wärmeausströmung bestimmt sind, werden sie mit schlechten Wärmeleitern, als einer dicken Schicht von Sahlband oder ähnlichem Wollenstoff umgeben, um eine Abkühlung der Dämpfe und Condensation zu verhindern. — Ein Pfund Dampf, dessen Temperatur 80° R. hält, giebt so viel Wärme ab als nöthig ist, um 1 Pfd. Wasser von 0° auf 520° zu erhöhen; condensirt sich also der Dampf zu Wasser von 80°, so kann er noch an die ihn umgebenden Flächen 440° Wärme abgeben, und da die Anzahl der Kubikfuß Luft von 0° für 1 Pfund 13,6 ist, so bedürfte man für ein Zimmer von 300 Kubikfuß Rauminhalt in jeder Minute der Beheizung $\frac{1}{4}$ Pfd. Dampf. Wenn man nnn, um 1 Pfd. Dampf in der Minute zu erzeugen, 10 Quadratfuß Beheizungsfläche bedarf, so würde eine Beheizungsfläche von $2\frac{1}{2}$ Quadratfuß für diesen Bedarf hinreichen. Da jedoch durch die Leitungen und andere nachtheilig einwirkende Umstände die Temperatur des Dampfes, ehe er in die zu beheizenden Räume kommt, vermindert wird, so muß man für diesen Verlust die Beheizungsfläche auf mindestens 3 Quadratfuß

annehmen. Die Ausstrahlungsfläche der Wärme, sie sey auf Wärmebehälter oder Röhrenlagen vertheilt, richtet sich der Größe nach eben sowohl nach der Temperatur der Dämpfe als nach dem Drucke, unter welchem dieselben erzeugt werden, und der Temperaturdifferenz, welche durch die Heizung ausgeglichen werden soll. Die Röhren, welche dazu bestimmt sind, den Dampf nach dem Orte seiner Verdichtung hinzuleiten, wählt man von engem Durchmesser etwa 1,5 Zoll; die Condensationsröhren dagegen sind wenigstens 4 mal so weit, von Kupfer oder Gußeisen, und müssen so eingerichtet seyn, daß man die Luft bei dem Eintreten des Wasserdampfes auslassen kann, welche sonst seiner raschen Verbreitung sehr hemmend entgegen treten würde. Im Allgemeinen muß die Oberfläche dieser Röhren rauh und matt sein, weshalb es gut ist, dem Kupfer durch einen Farbenanstrich oder dergleichen diejenige Beschaffenheit zu geben, welche dem Guß eigenthümlich ist. Um der Längenausdehnung derselben Spielraum zu geben, kann man entweder so verfahren, wie bei der Wasserheizung angeführt wurde, oder diesen Zweck noch einfacher dadurch erreichen, daß man in den geraden Verlauf der Röhren ein Bogenstück aus geschmeidigem Metall einschaltet, welches alsdann durch seine mehr oder weniger starke Biegung die Verlängerung ausgleicht.

Sehr begreiflich wirken verschiedene Körper nach der Beschaffenheit ihrer Oberfläche ungleich verdichtend auf den Dampf; Clement fand, daß bei 15° der umgebenden Luft 10 Fuß Oberfläche einer horizontalen gußeisernen Röhre 0,234, einer blanken kupfernen 0,184 und einer geschwärzten kupfernen 0,213 Pfd. Dampf zu verdichten vermögen, eine Quantität, welche bei senkrechter Richtung der Röhren etwas größer ist. Zuweilen läßt man absichtlich nach beendigter

Circulation eine Quantität Wasser in den Röhren verweilen, um bei dessen Erkalten die Nachwirkung (ähnlich wie bei den Thonöfen) zu genießen.

Es ist einleuchtend, daß der Dampfkessel aus einem guten Wärmeleiter gemacht sein muß, damit er die erhaltene Wärme schnell und regelmäßig an das Wasser abgiebt. Sie bestehen entweder aus Kupfer oder Eisen, man wendet jedoch letzteres wegen der größern Billigkeit häufiger an. Die Oberfläche, welche der Kessel dem Feuer darbietet, muß so groß als möglich seyn, daher die ovale Form als die beste anerkannt wird. An dem Dampfkessel befinden sich noch folgende Apparate, als: Sicherheitsventile, Wasserstandmesser, Mannsloch, Ablaßhahn und Wasserspeiser. Die Sicherheitsventile haben den Zweck, den Dampfkessel vor dem Zerspringen zu bewahren, wenn sich durch starkes Feuer oder Mangel an Wasser schnell ein zu großes Quantum Dampf entwickelt. Die eigentlichen Ventile sind aber dermassen unzuverlässig, daß in neuester Zeit auf deren Abschaffung angetragen wurde; die Bestimmung derselben erfüllen weit besser sogenannte Sicherheitsröhren, welche mit dem Wasserspeiser in Verbindung sind. Um zu wissen, wie hoch das Wasser im Kessel ist, gebraucht man einen sogenannten Schwimmer, der in einem auf der Oberfläche des Wassers schwimmenden Brettstücke besteht, an dem perpendikulär ein dicker Draht fest gemacht ist, der durch eine Büchse durch die Oberfläche des Kessels geht und daselbst an einer Scala die Höhe des Wassers anzeigt. Das sogenannte Mannsloch besteht in einer größern Oeffnung an der Oberfläche des Dampfkessels, durch die man in das Innere des Kessels gelangen kann, was besonders nothwendig ist, wo man nur kalkhaltiges Wasser hat, welches im Kessel viel Kesselstein absetzt.

Die Vorrichtung, den Dampfkessel mit Wasser zu speisen, ist von großer Wichtigkeit; denn von der regelmäßigen Wirkung derselben hängt auch die regelmäßige Produktion des Dampfes ab. Dieselbe ist bestimmt, den Stand des Wassers beständig auf dem gleichen Niveau zu erhalten, und wird gewöhnlich folgendermaßen construirt. Eine Röhre, welche durch die obere Fläche des Kessels durchgeht und nahe am Boden desselben endigt, ist mit einem Reservoir verbunden; da die Röhre im Innern des Kessels unter das Niveau des Wassers geht, so kann der Dampf in derselben nicht aufsteigen, er könnte aber, wenn der Druck des Dampfes zu stark, oder die Höhe der Röhre zu gering wäre, das Wasser durch dieselbe herausdrücken, und damit den Kessel entleeren. Diese Röhre (Speiseröhre) muß also eine Höhe haben, die durch das Gewicht des in ihr eingeschlossenen Wassers dem Drucke des Dampfes im Kessel Gegenwicht halte. Man berechnet diese Menge auf folgende Weise. Wenn der Dampf mit einem Drucke von 1 Pfd. per Quadratzoll wirkt, so muß die Höhe der Röhre 2½ Fuß betragen, bei 2 Pfd. Druck per Quadratzoll geben die Röhren 5 Fuß Höhe u. s. f. Diese Röhre wird mit einem Hahn versehen, der durch einen Schwimmer mit Gegengewicht jedesmal geöffnet wird, wenn der Wasserstand zu niedrig ist; dadurch bekommt das Wasser im Kessel Zufluß, und das Niveau stellt sich her, so daß der Schwimmer wieder steigt und den Hahn schließt. Die Dampfleitungsröhren können aus geschmiedetem oder gegossenem Eisen oder aus Kupfer gemacht seyn, schmiedeiserne jedoch gewähren den Vortheil, daß sie nicht leicht Dampf entweichen lassen, was bei kupfernen Röhren an den gelötheten Stellen leicht der Fall ist.

Abgesehen von der Ersparung der Brennmaterialien und

der gleichförmigen Wärme, ist die Dampfheizung schon darum vortheilhafter, weil sie bei wenigerm Aufwand an Mauerwerk und Raum kleinere Heizungsflächen zuläßt, da der Wärmeverlust in den Leitungsröhren durch zweckmäßige Anstalten bis auf das Minimum sich bringen läßt. Hauptsächlich ist die Dampfheizung dort anwendbar, wo von einem Feuerungsraume die Wärme für sehr viele Locale permanent bestritten werden soll; z. B. in Fabriken, Gefängnissen ꝛc., da man mit mäßigem Drucke und geringem Wärmeverlust die Dämpfe sehr weit hin und namentlich sehr hoch hinauf führen und die Leitungsröhren zwischen Gebälken durch und unter hölzernen Fußboden hin ohne Feuersgefahr leiten kann. Es versteht sich von selbst, daß die Heizröhren sowohl bei der Dampf- als Wasserheizung die Form beliebiger Verzierungen, z. B. einer Säule oder eines Ofens annehmen können und dann mehr nach Art eines Ofens wirken.

Fig. 1.

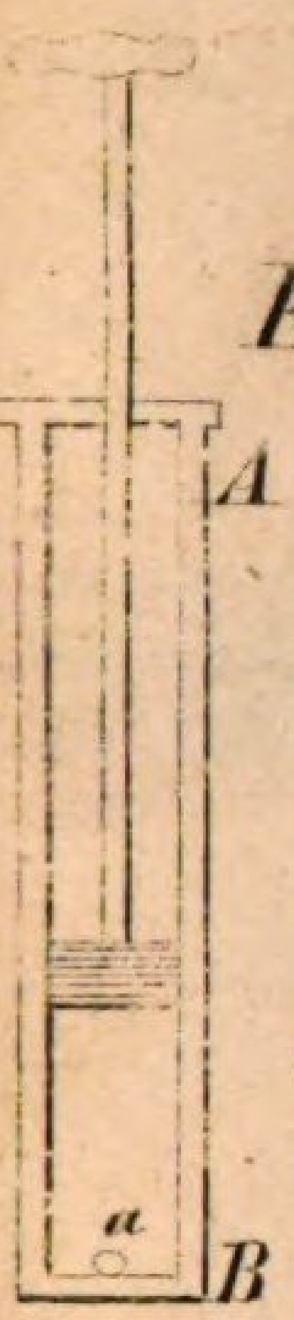


Fig. 2.

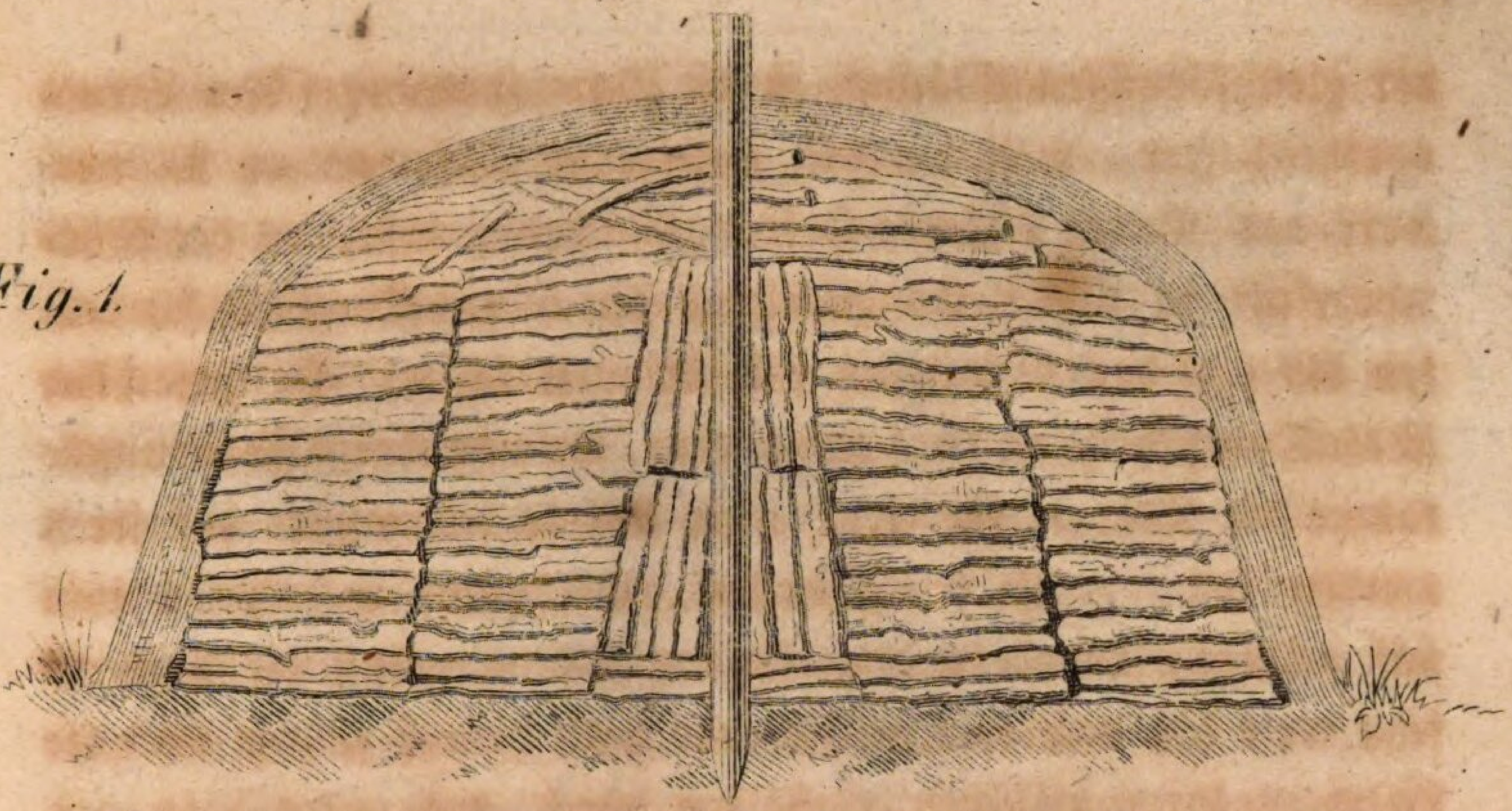


Fig. 3.

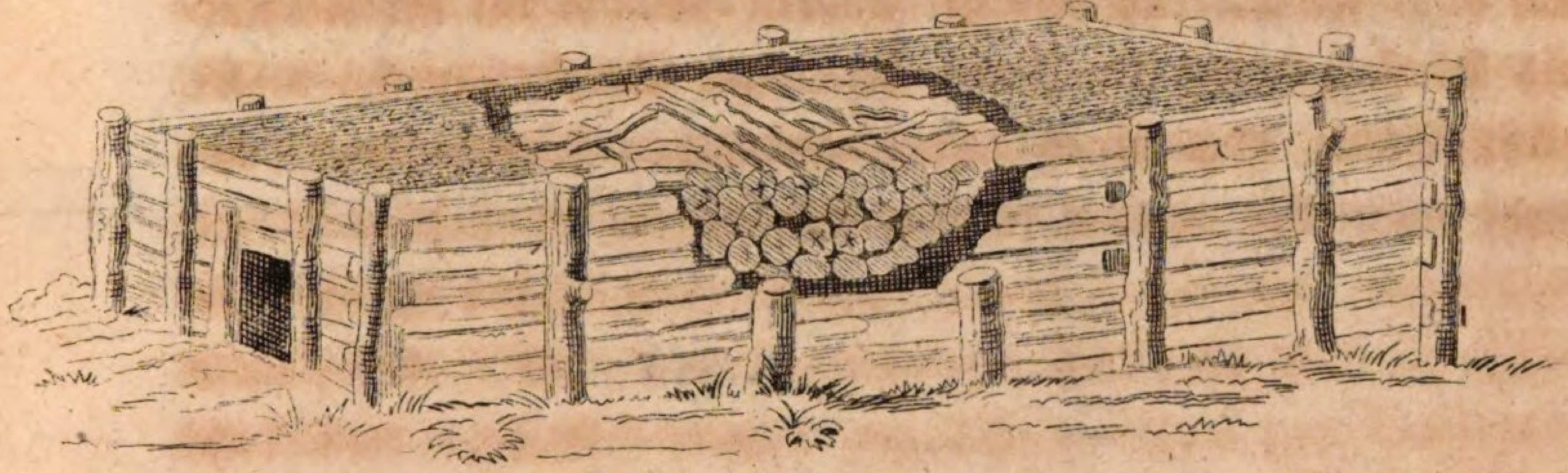


Fig. 4.

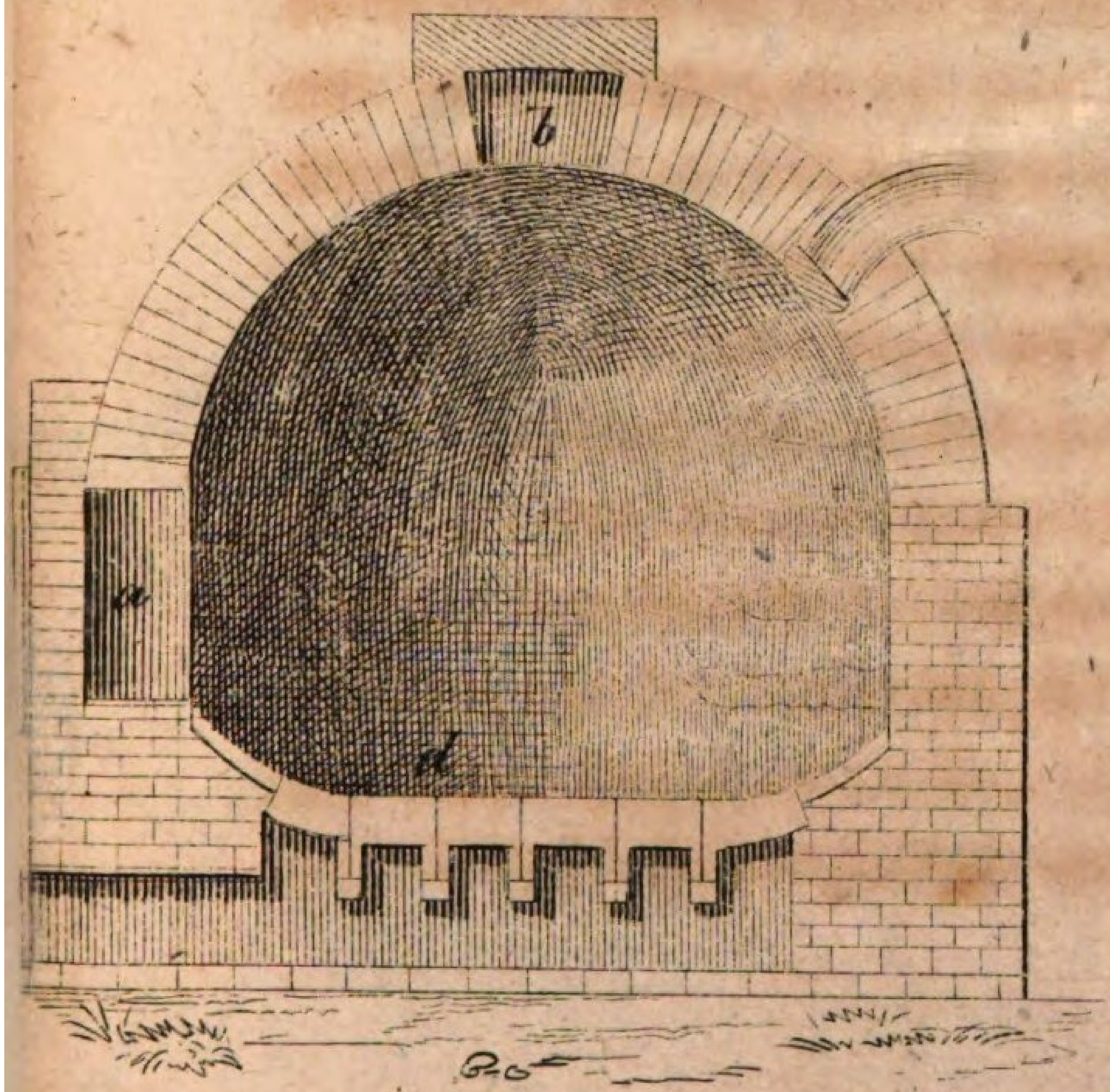


Fig. 5.

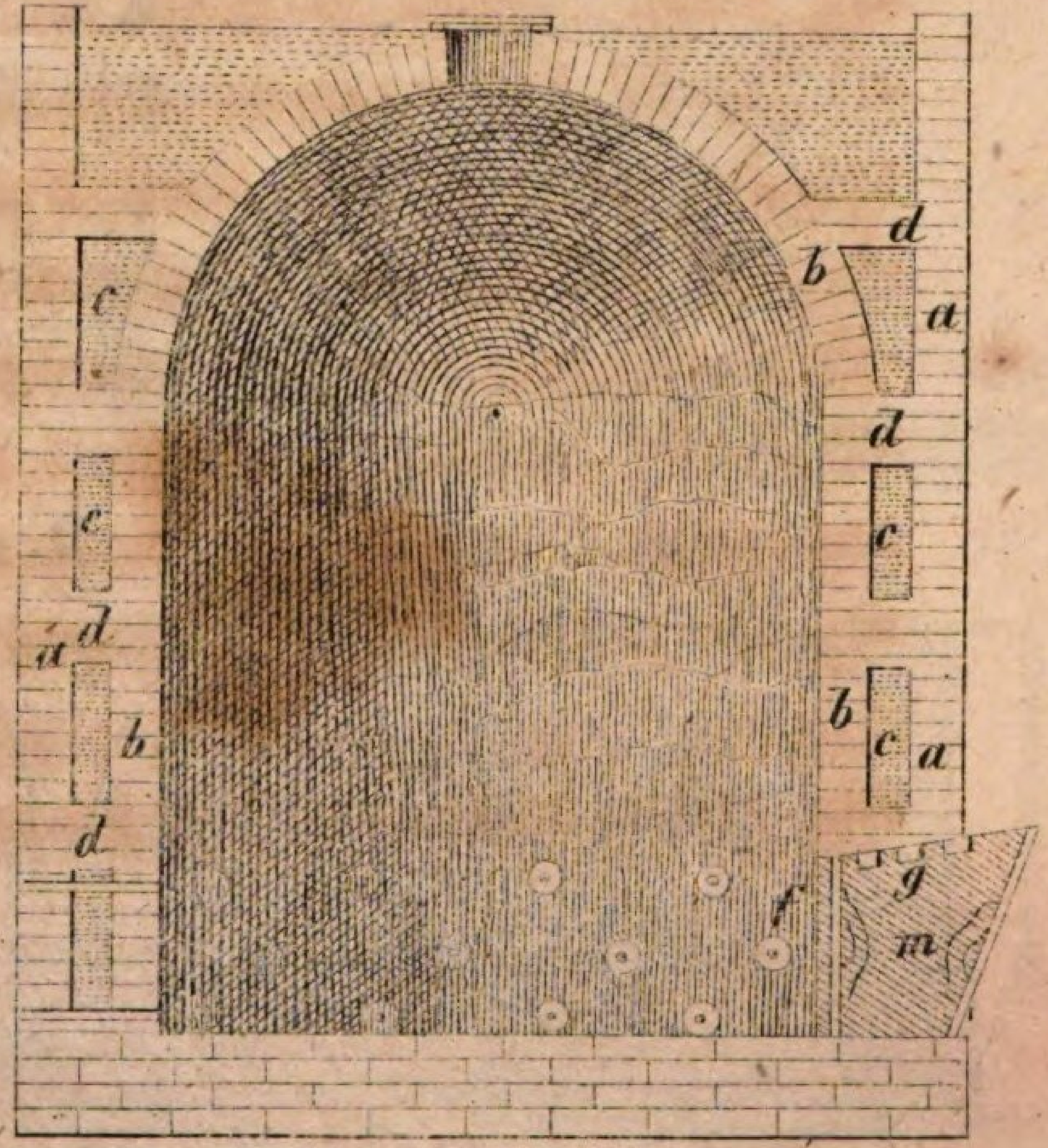


Fig. 6.

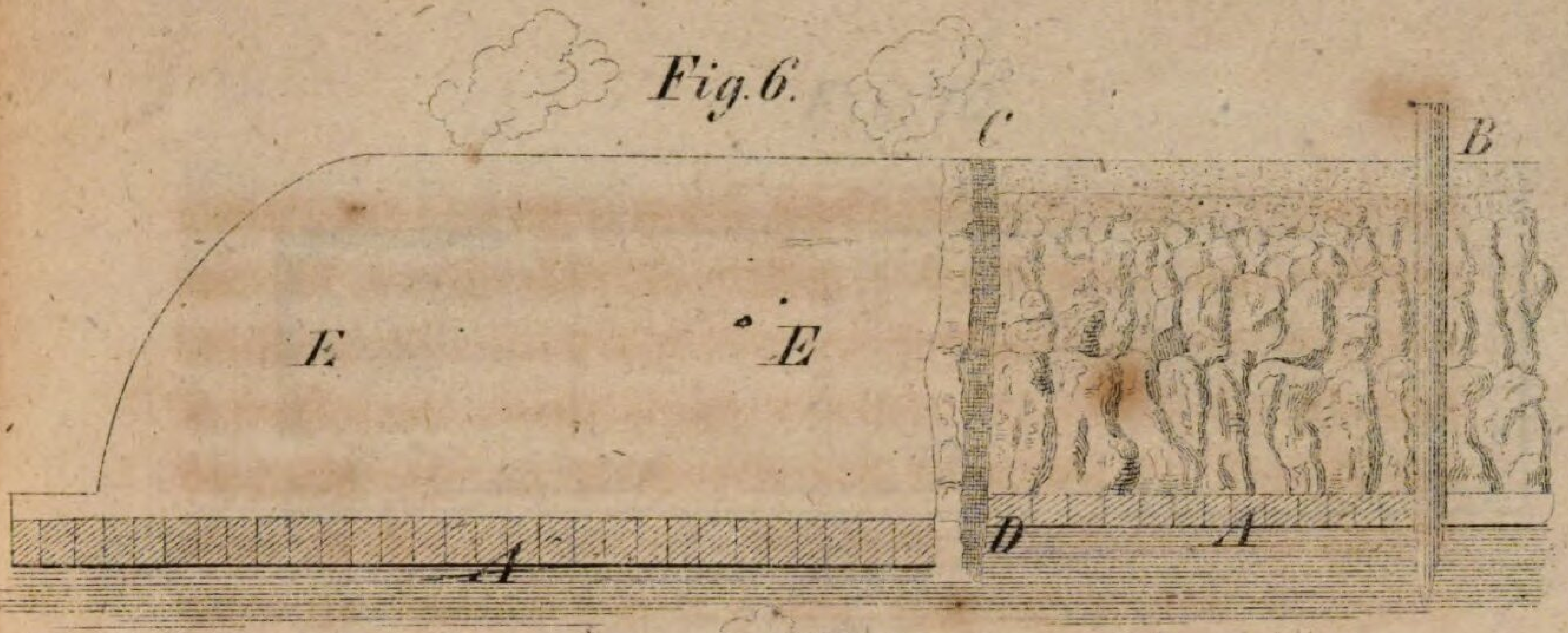


Fig. 7

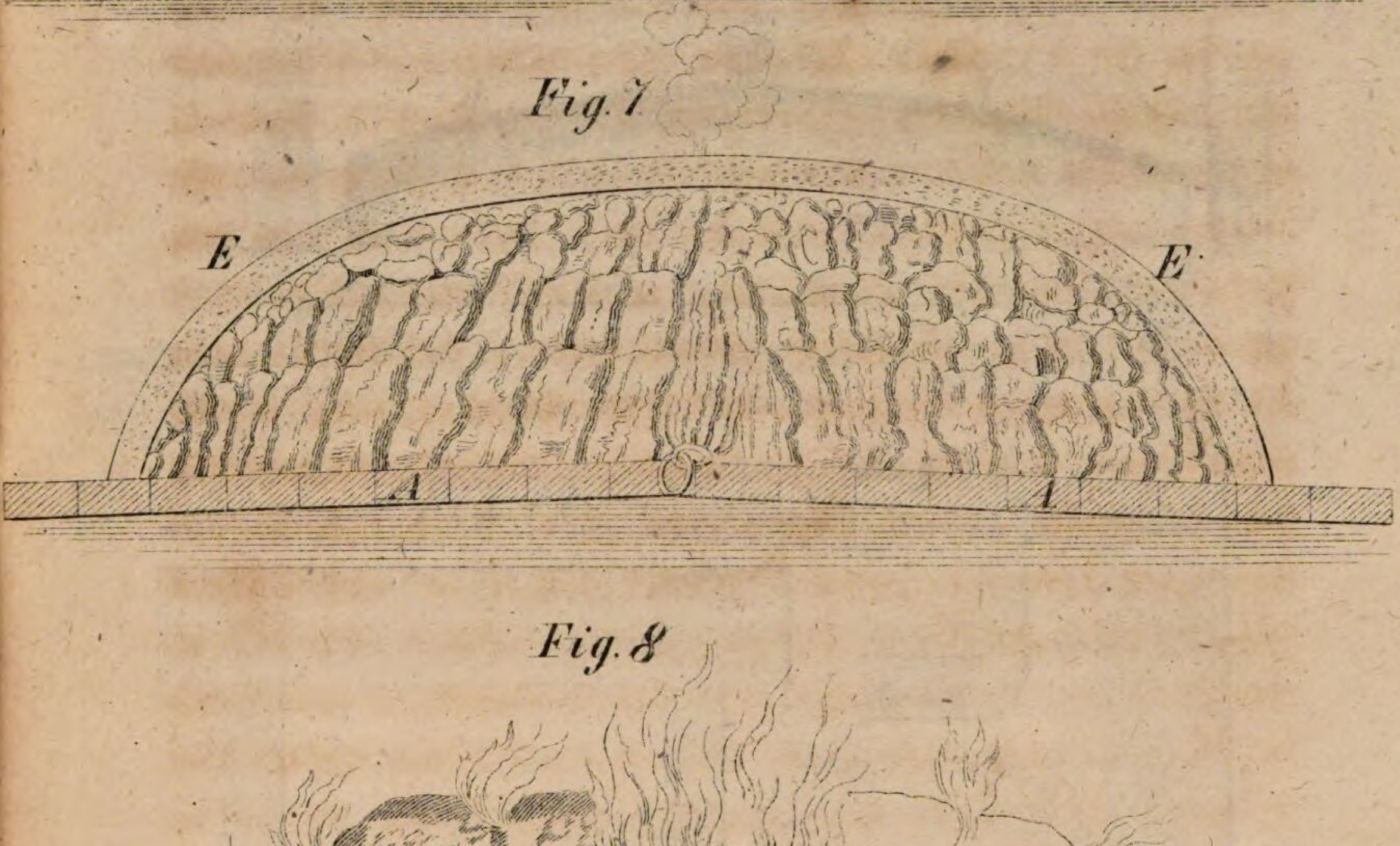


Fig. 8

Fig. 9

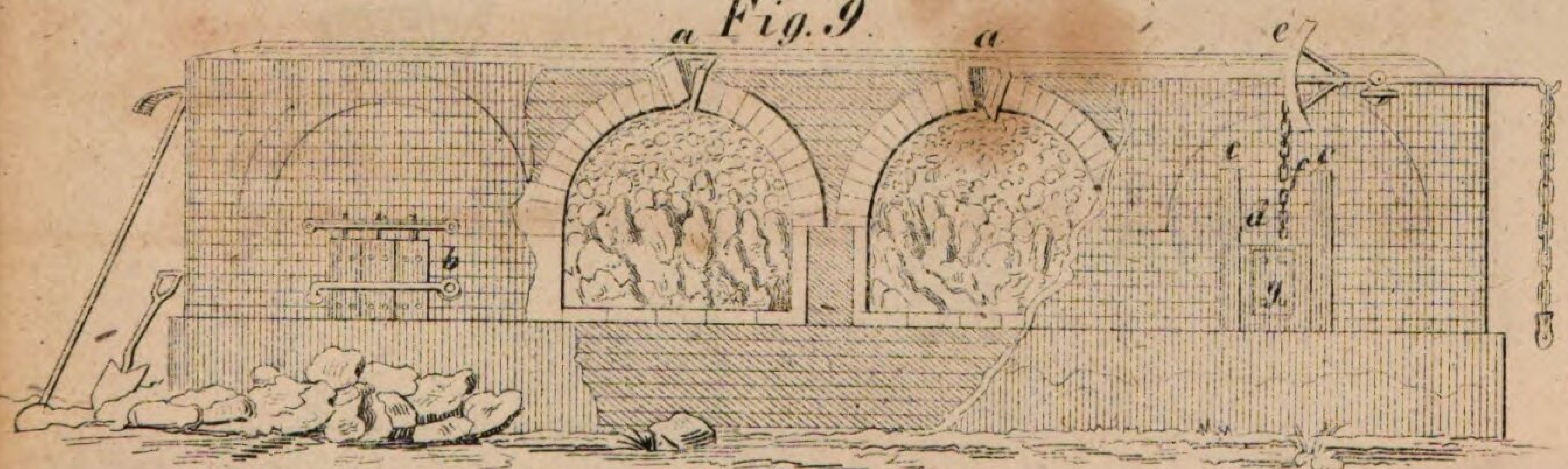


Fig. 10

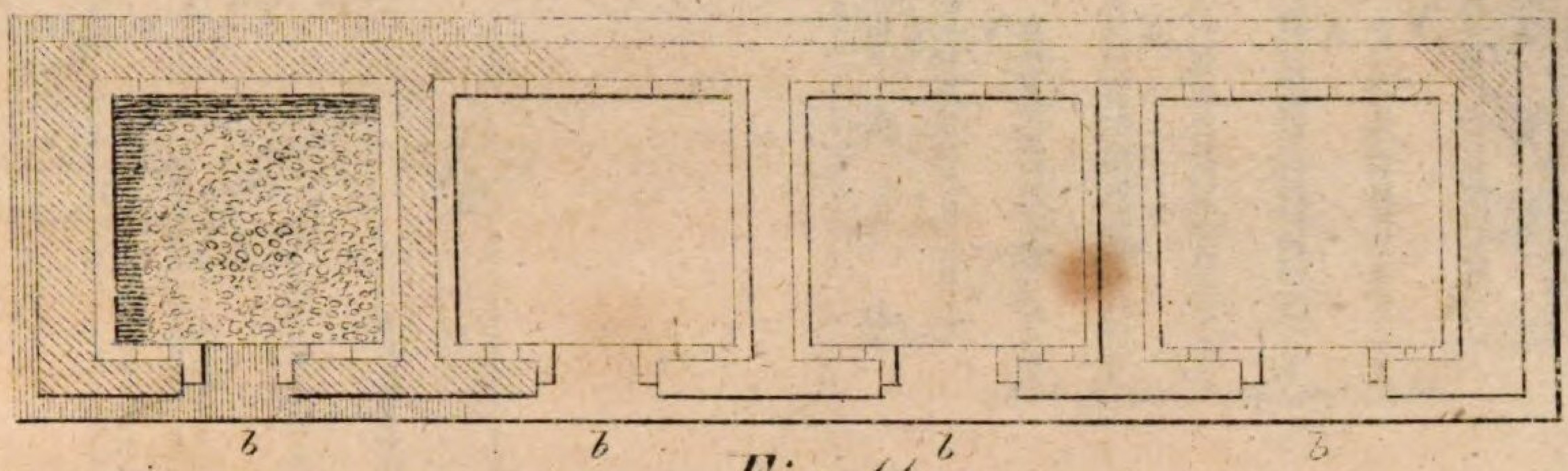


Fig. 11

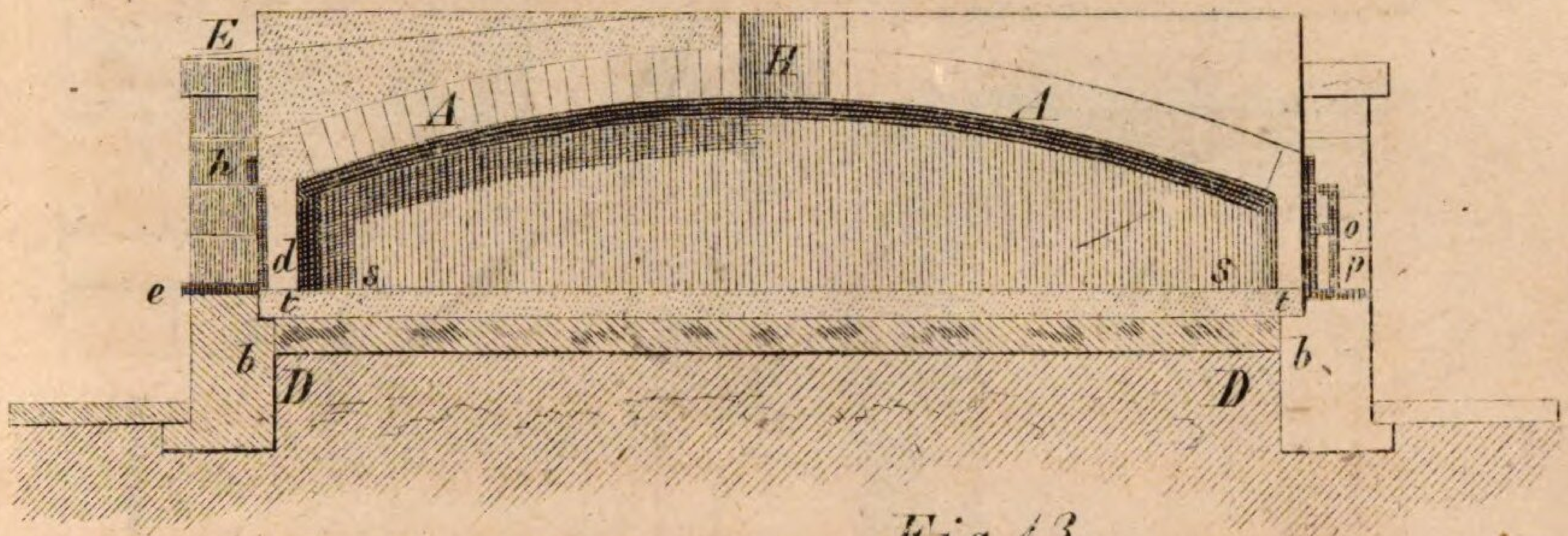


Fig. 12.

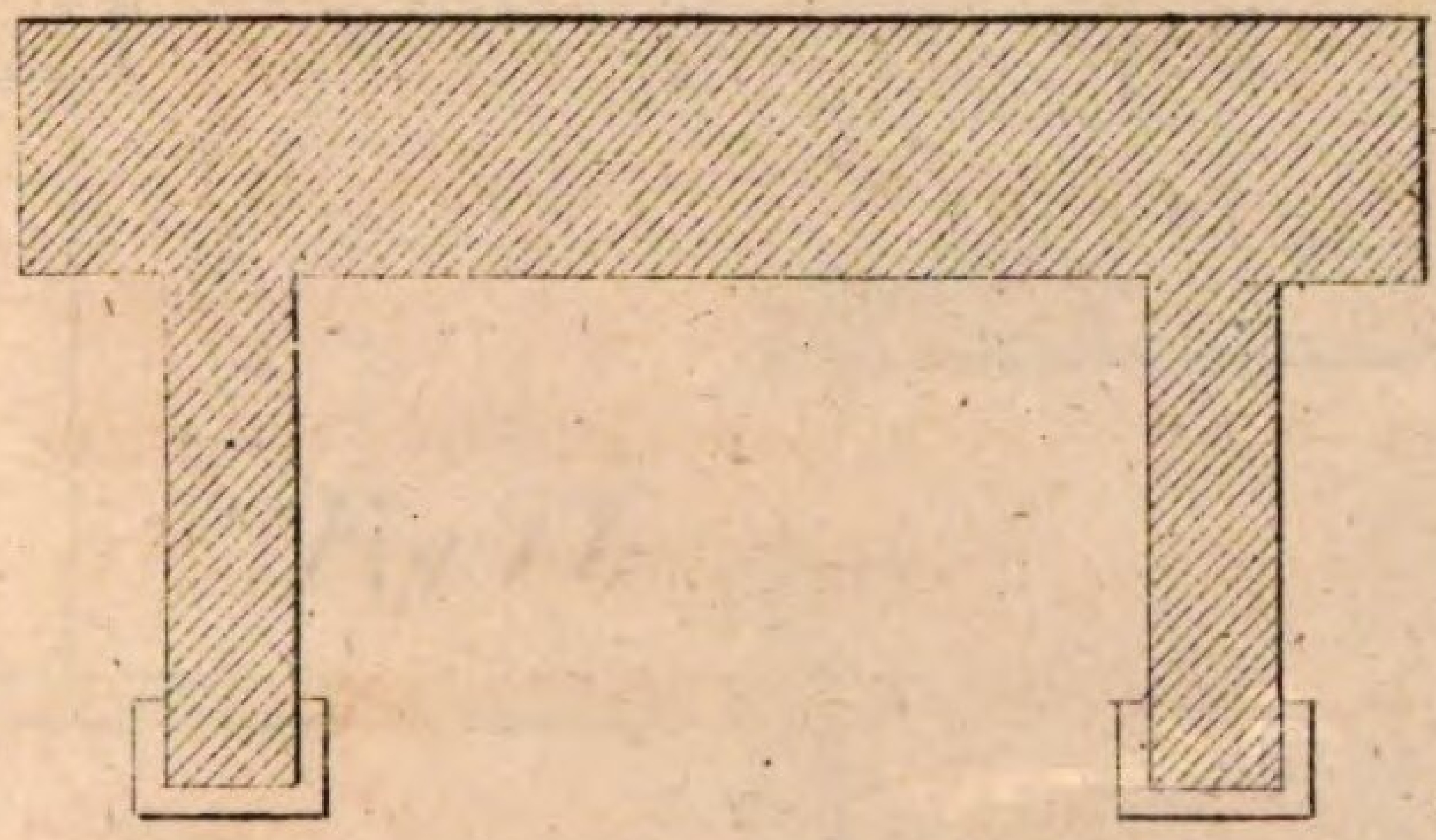


Fig. 13.

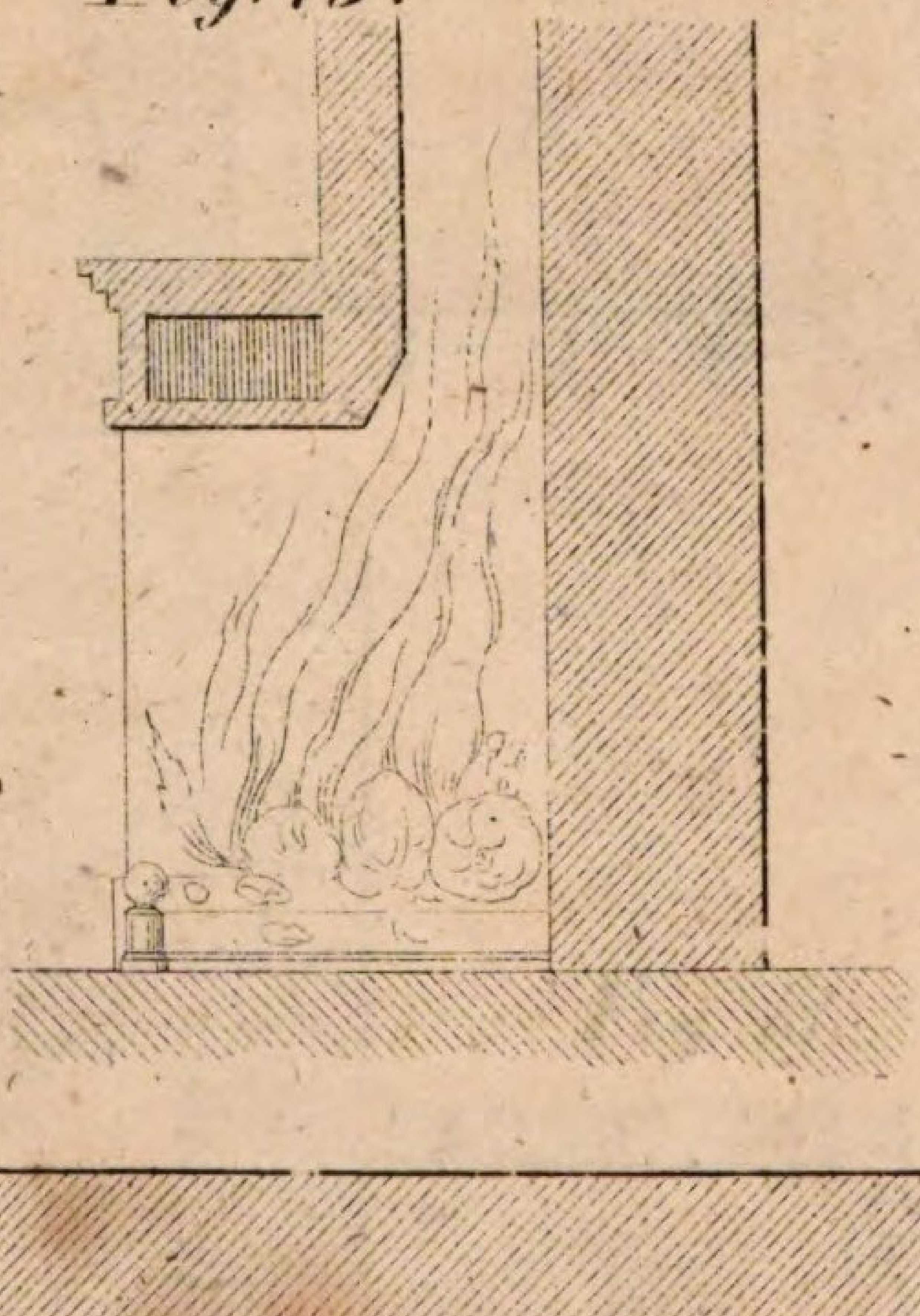
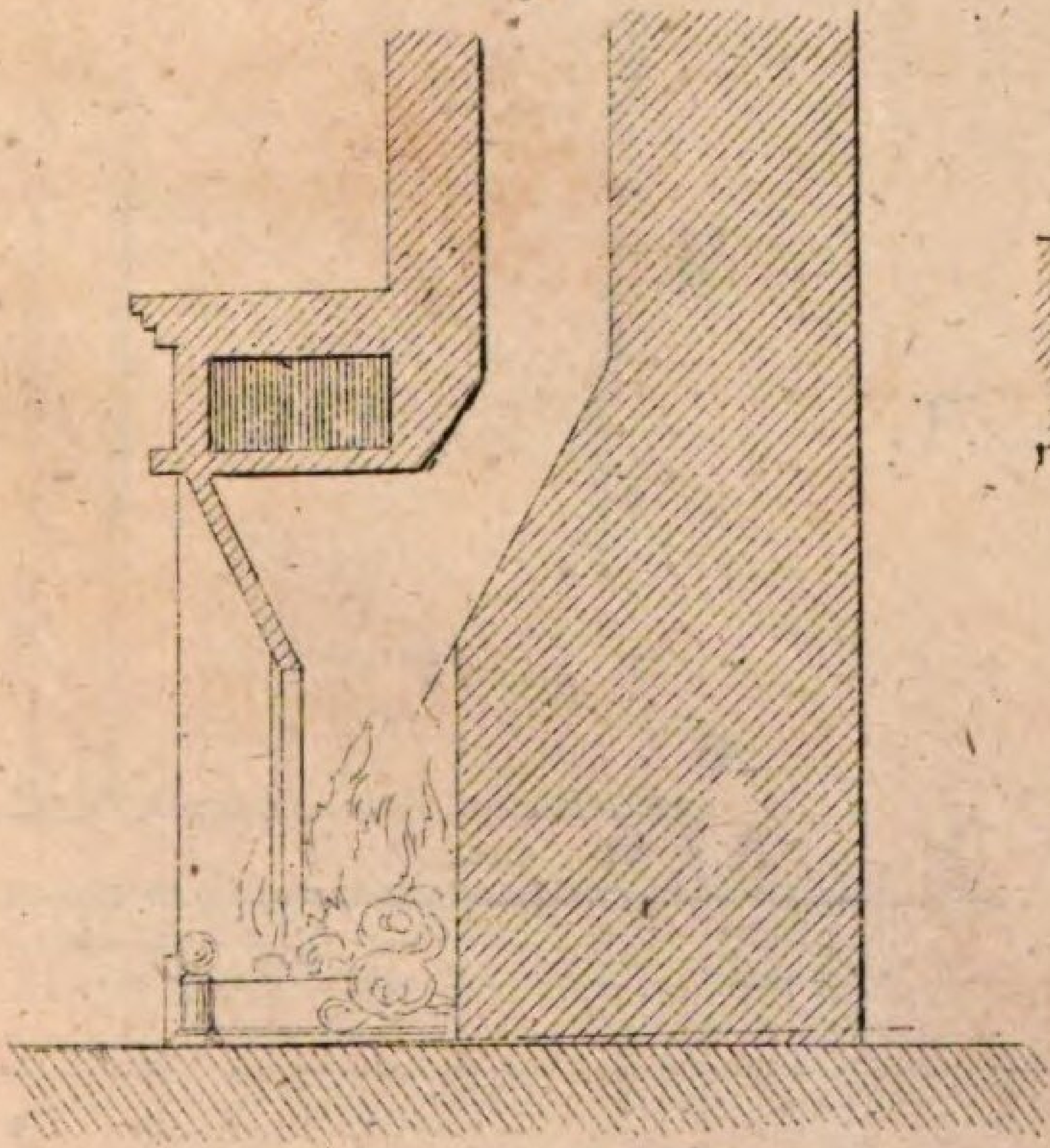


Fig. 15.



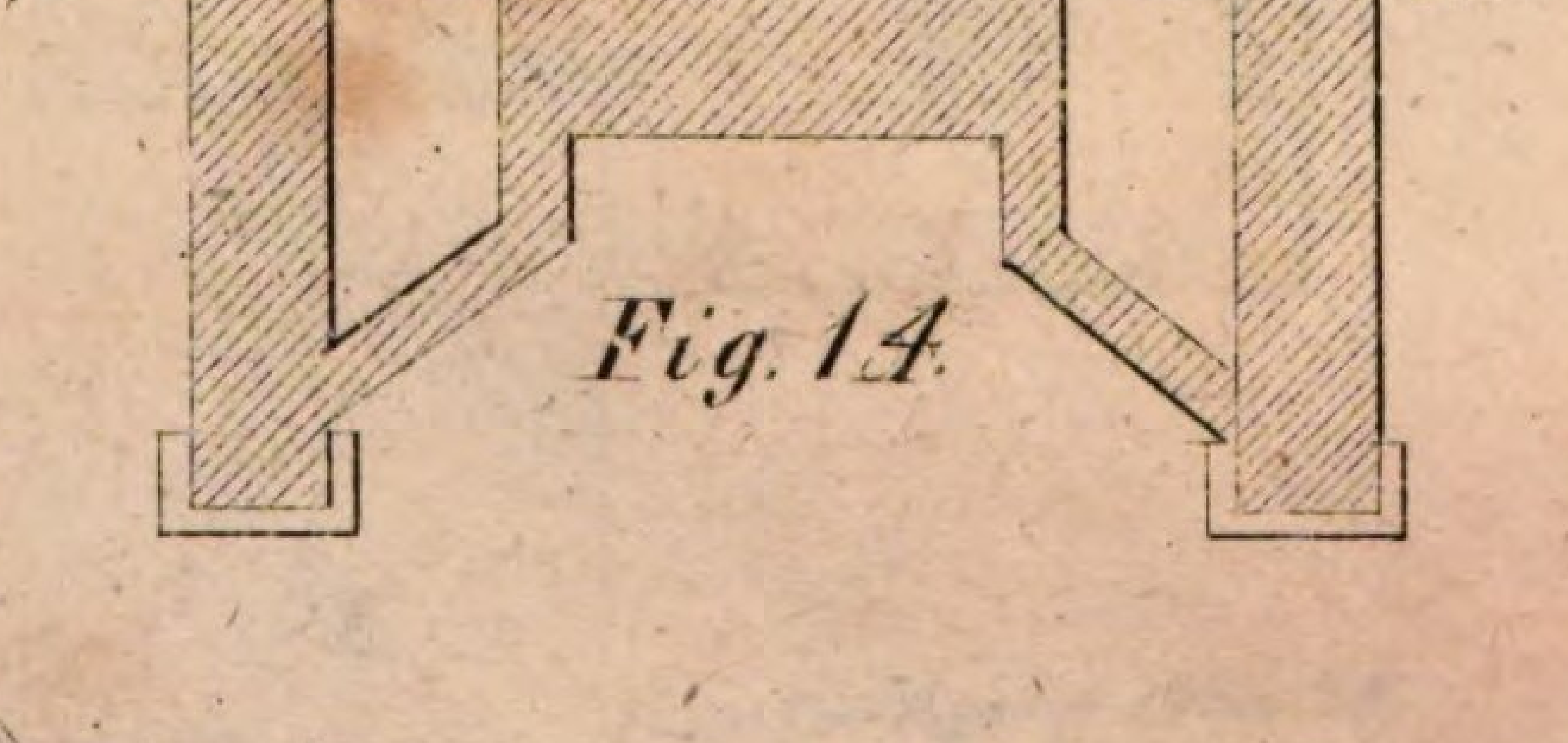


Fig. 14.

Fig. 19.

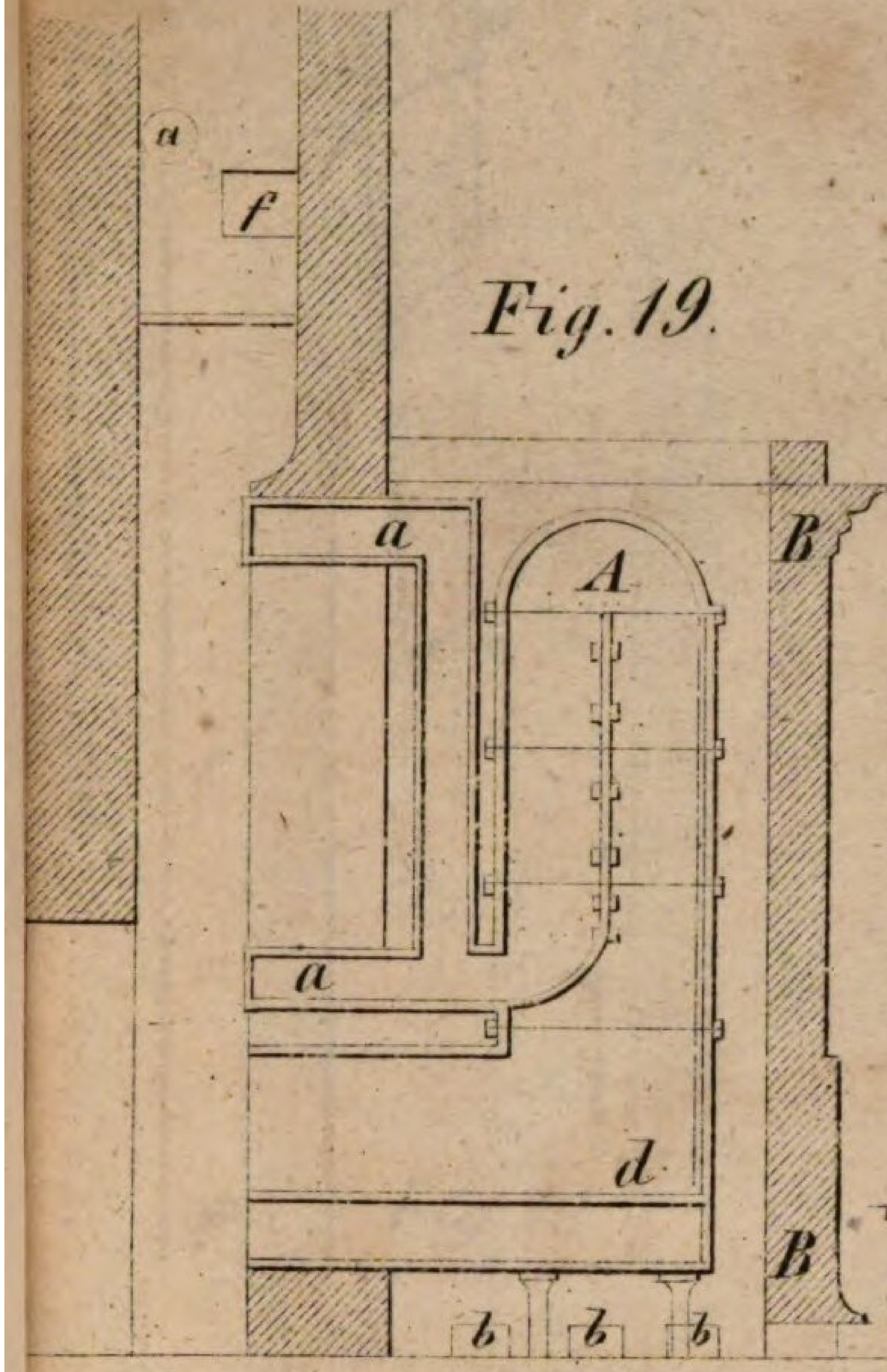


Fig. 18

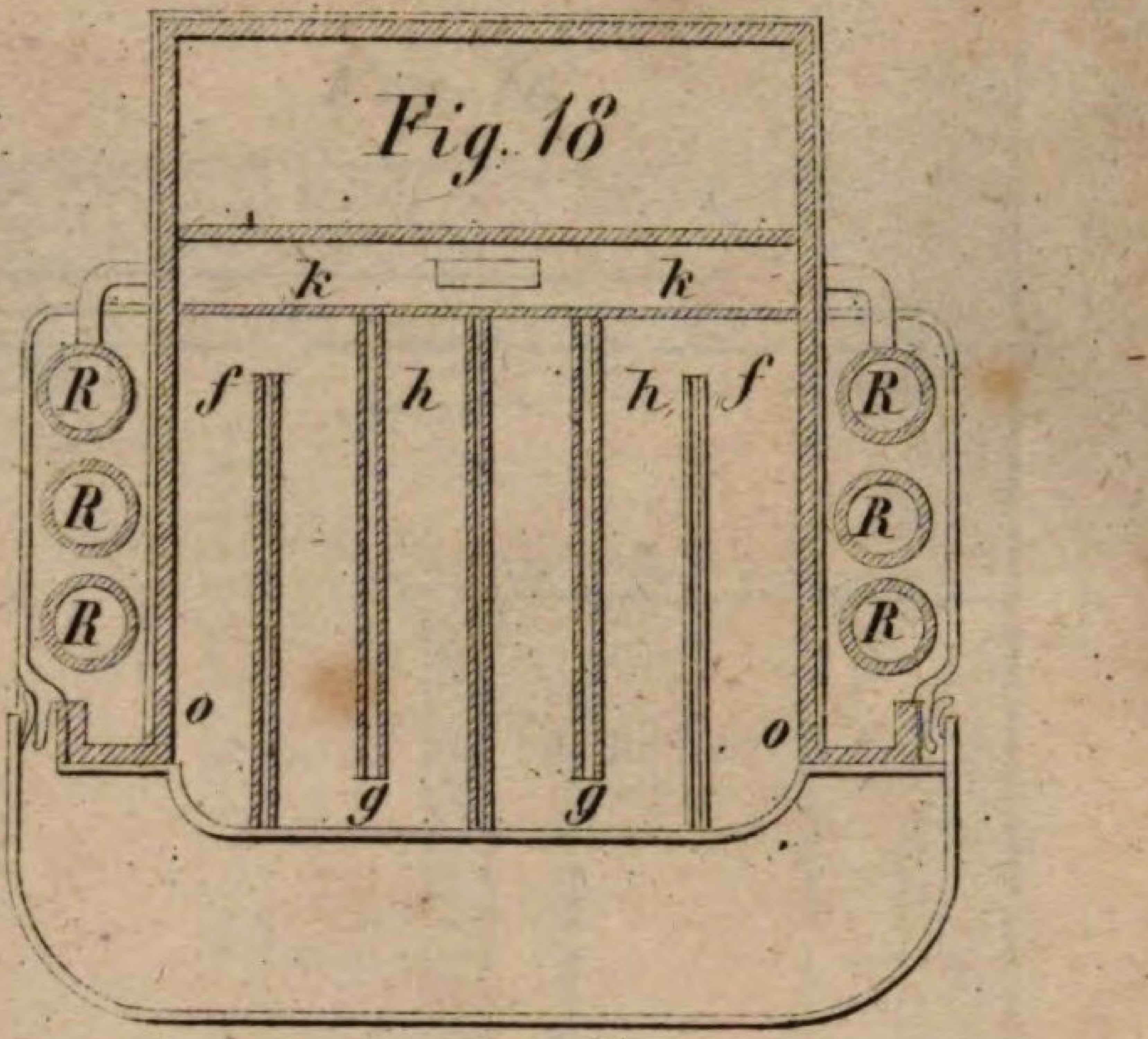


Fig. 16

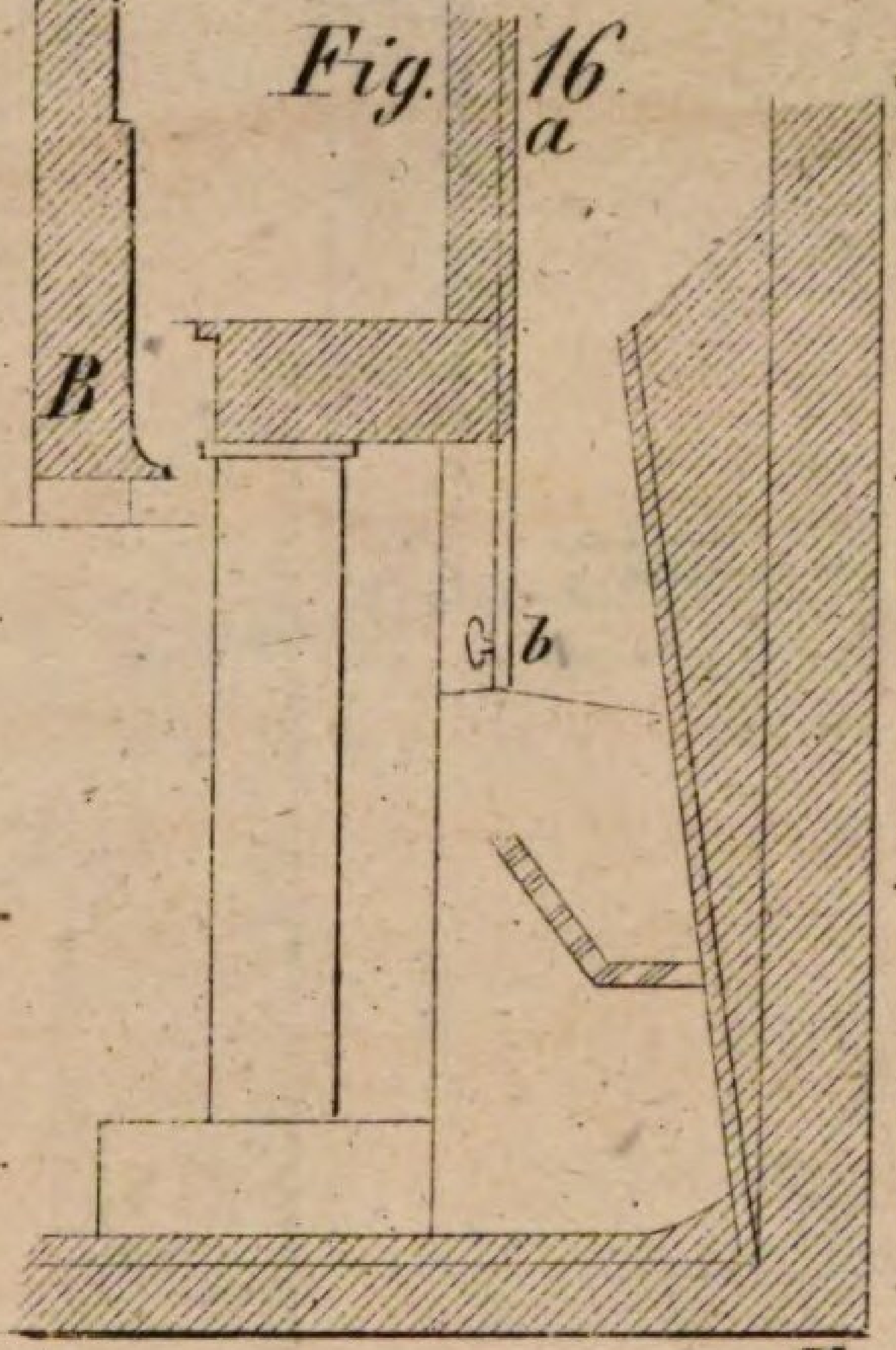


Fig. 20

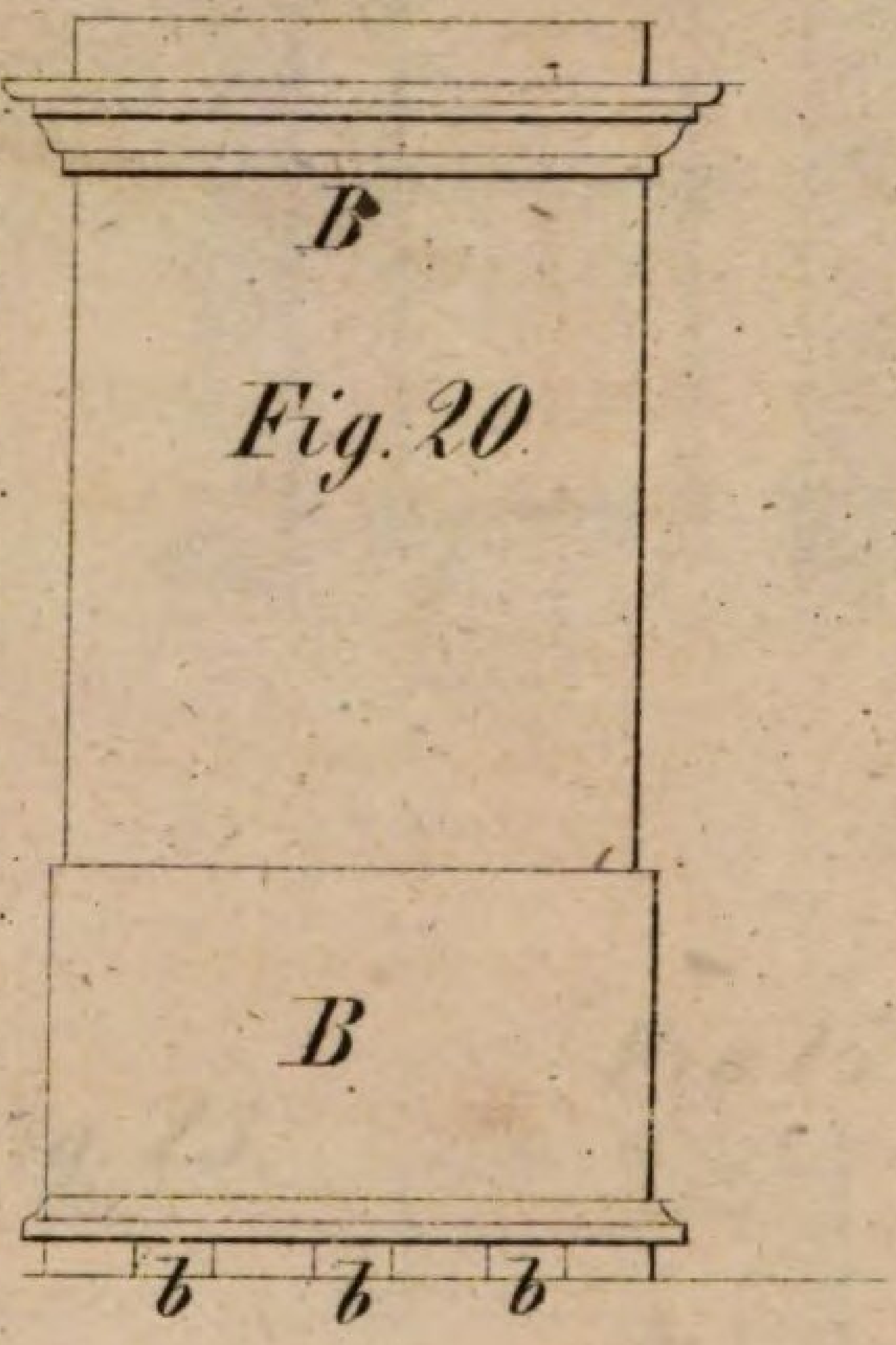


Fig. 17.

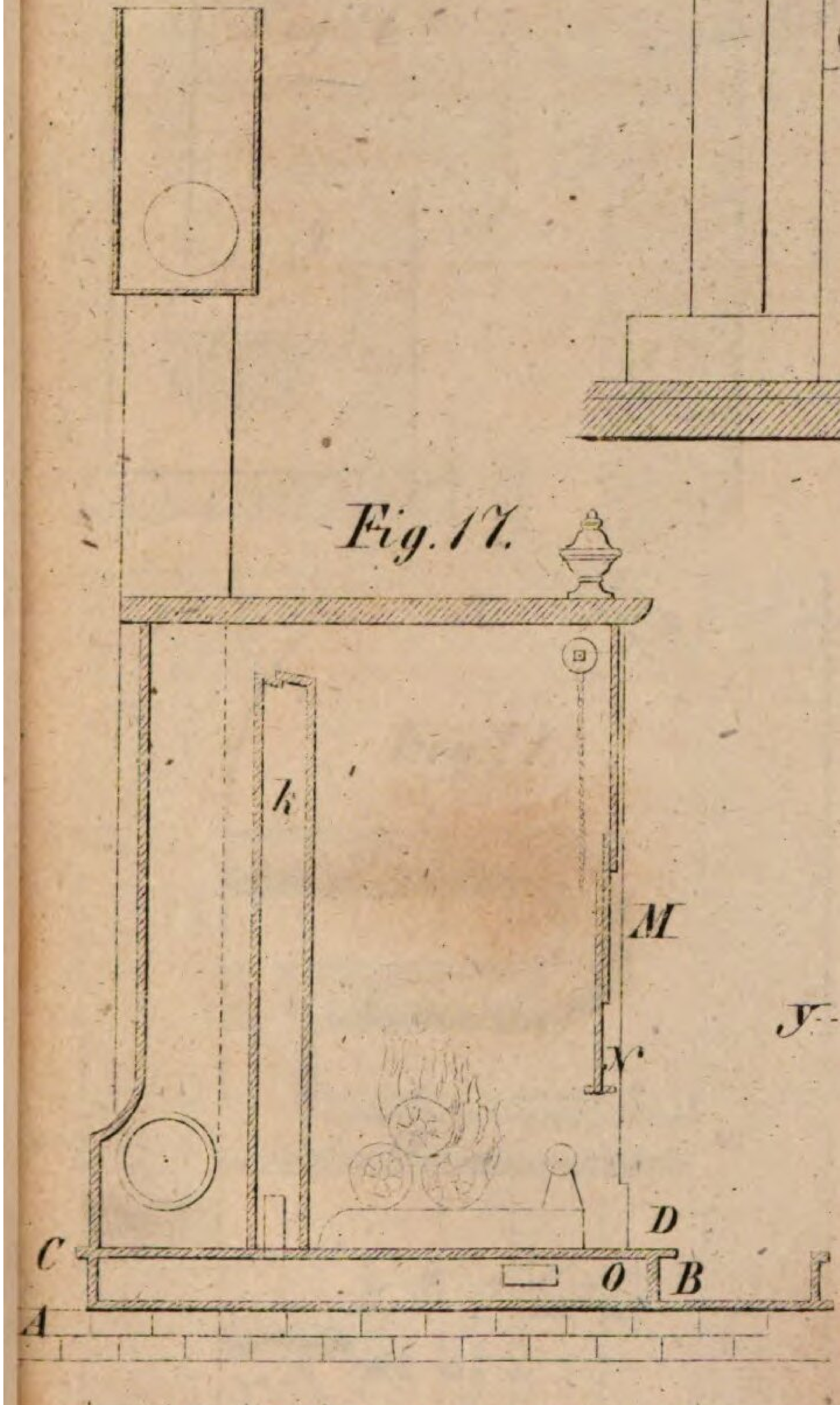
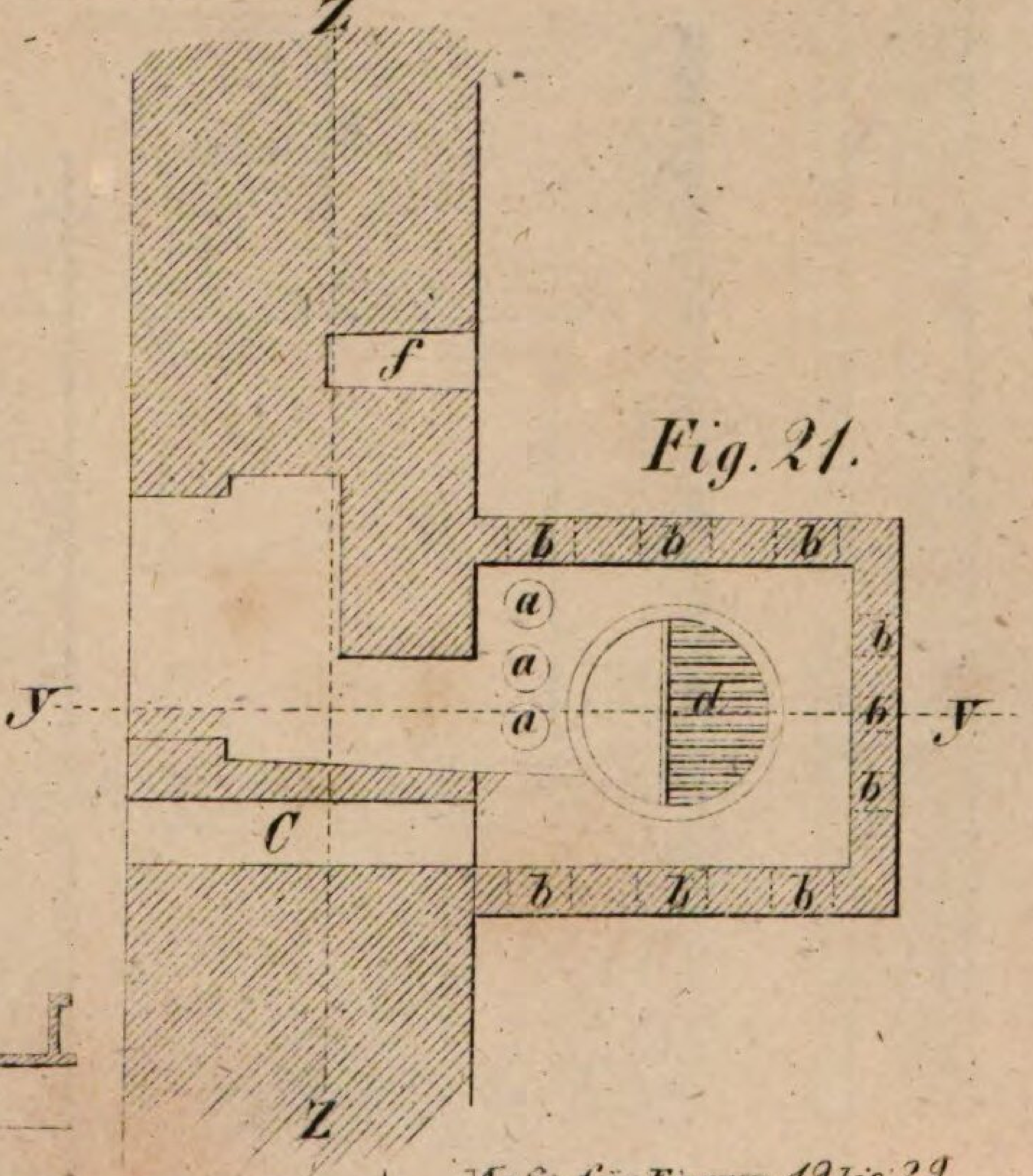


Fig. 21.



Maſst. für Figuren 19 bis 29

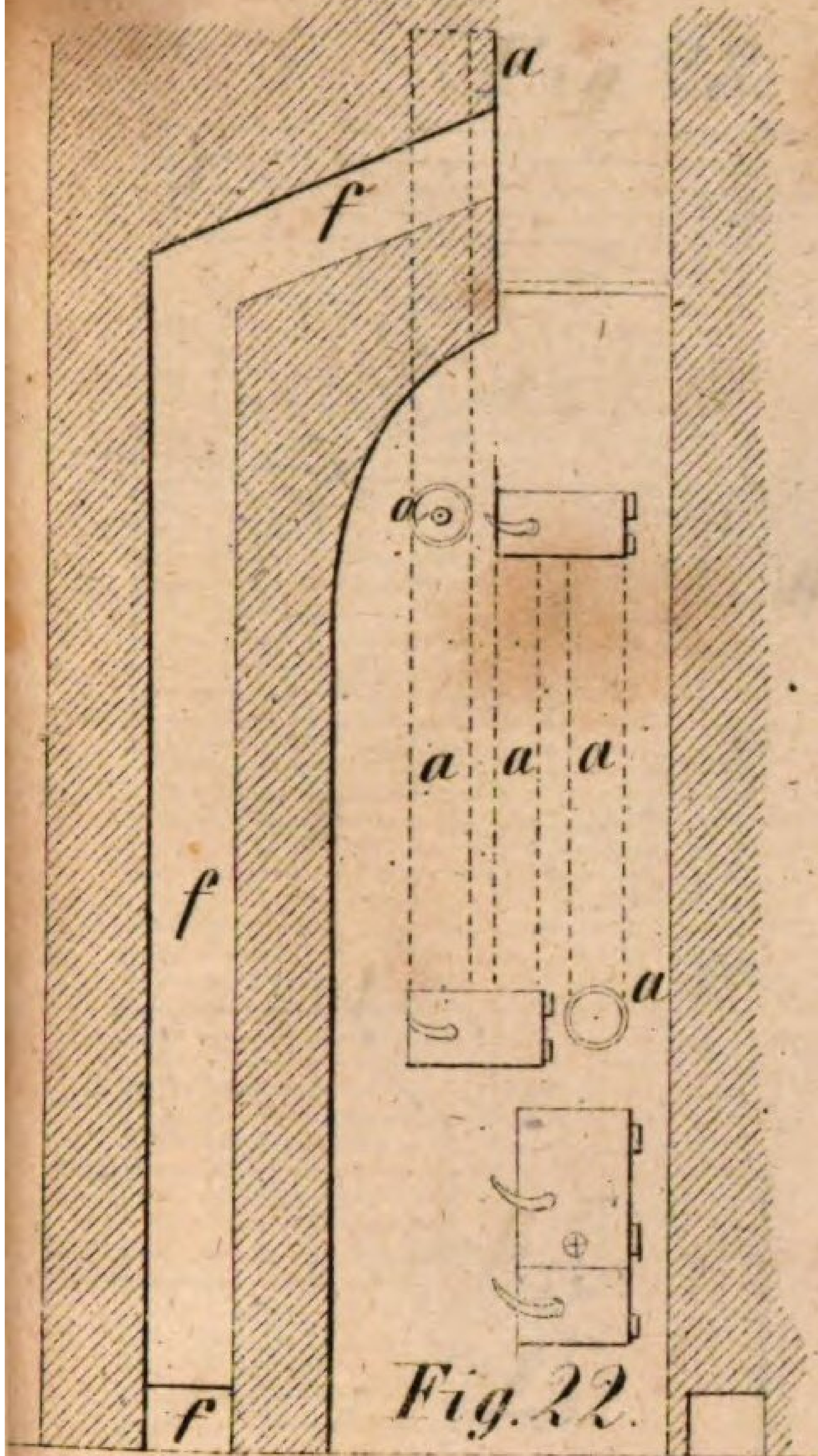


Fig. 22.

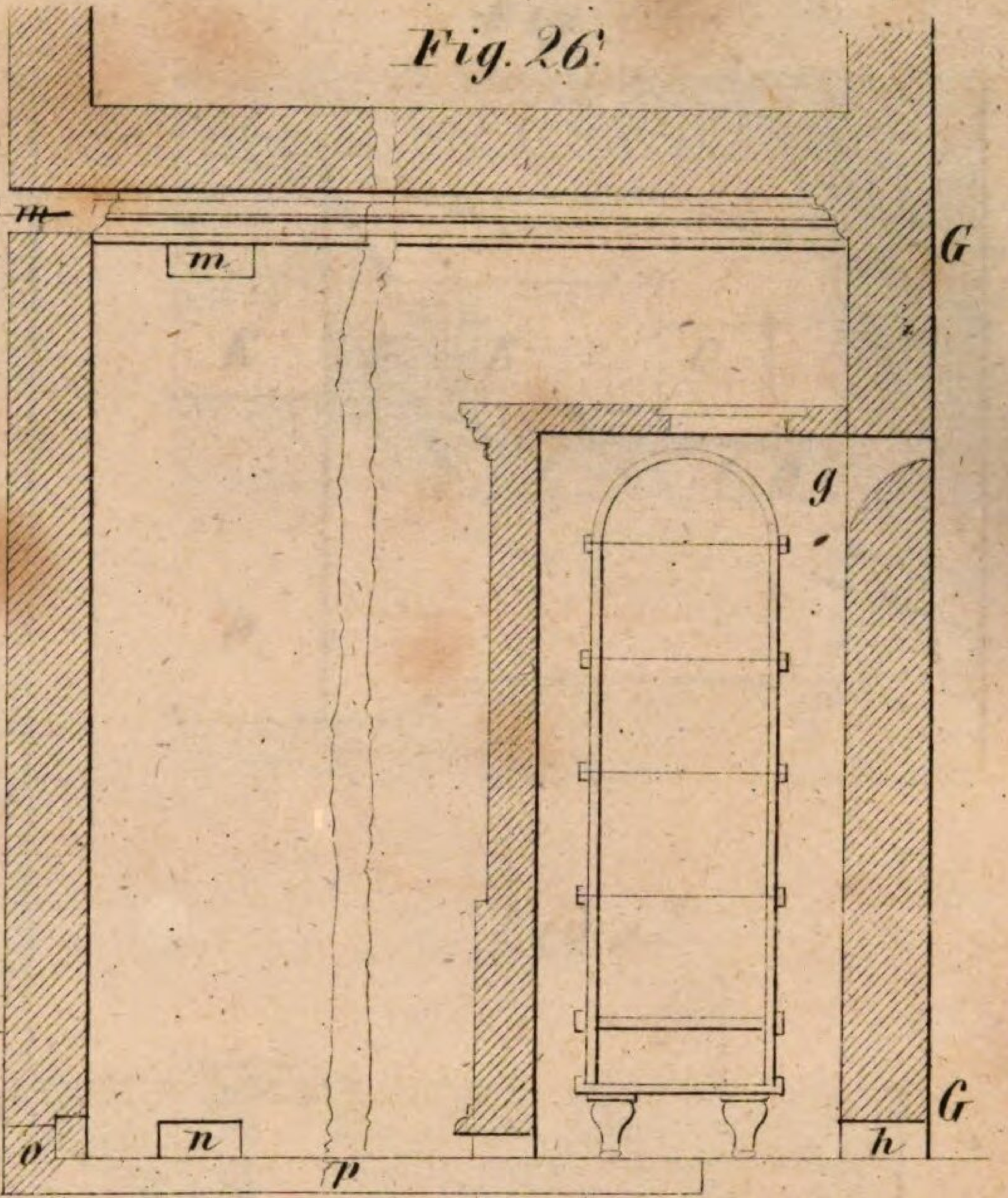


Fig. 26.

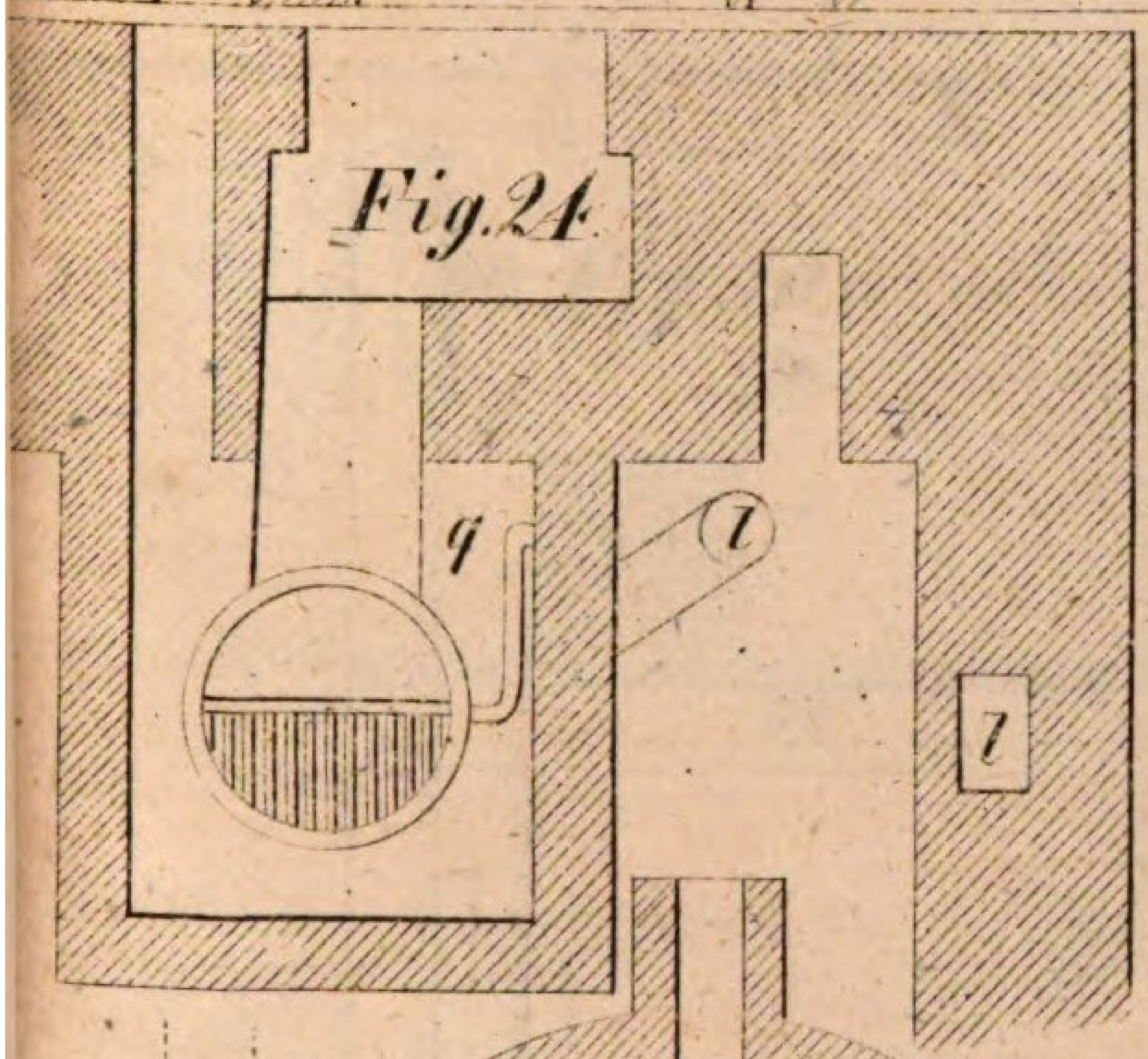


Fig. 24.

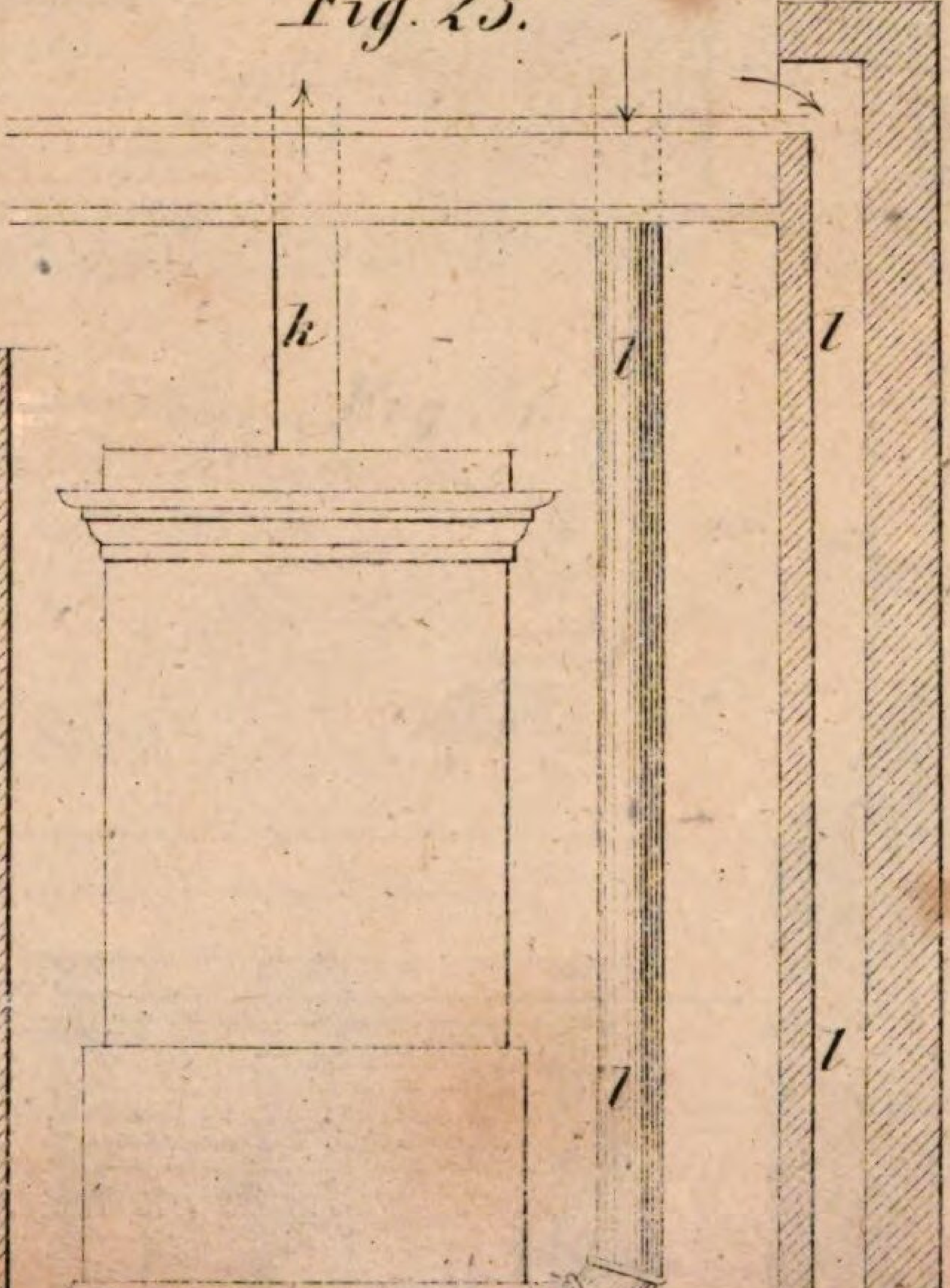


Fig. 23.

Fig. 25.

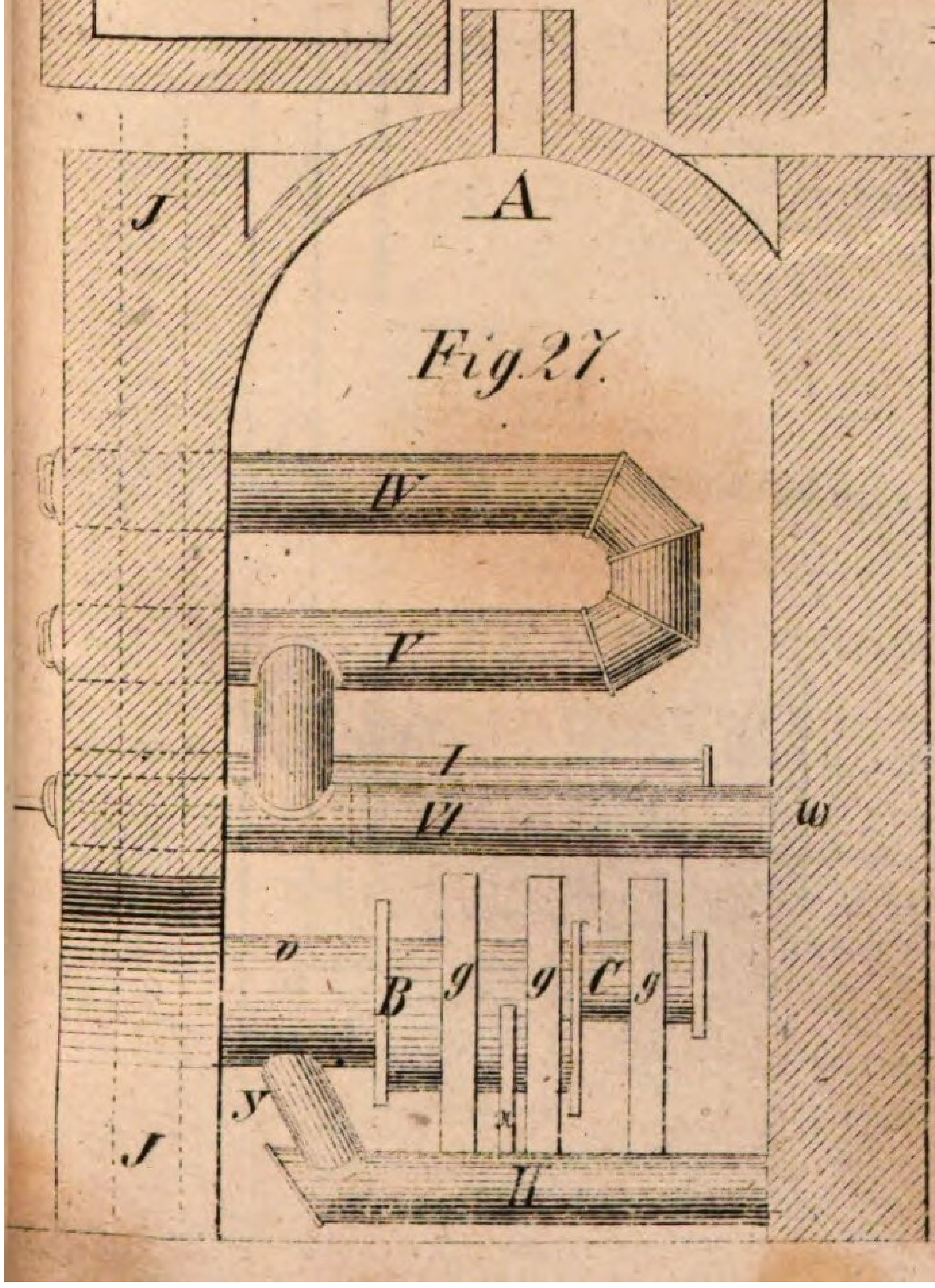


Fig. 27.

Fig. 28.

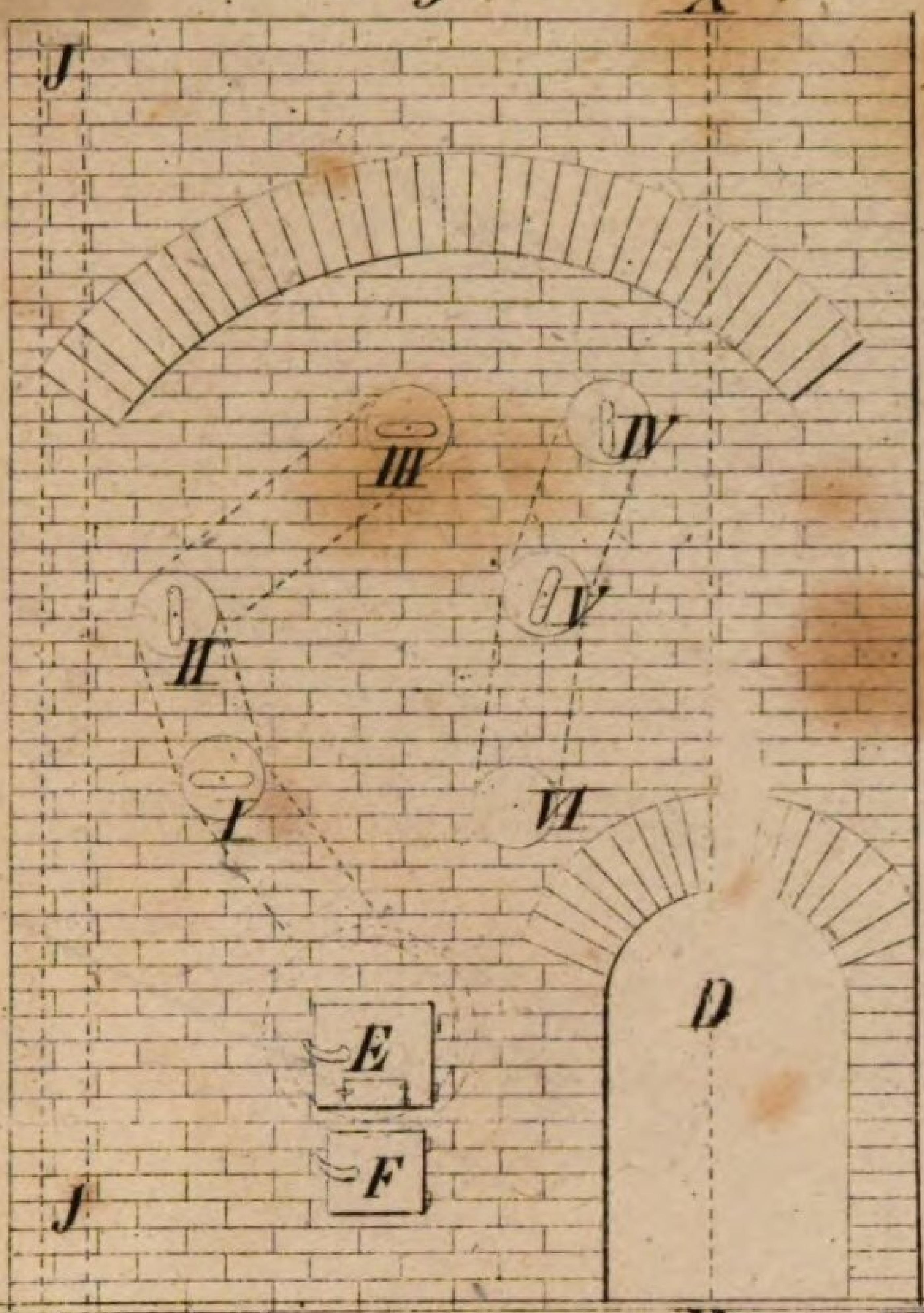


Fig. 29.

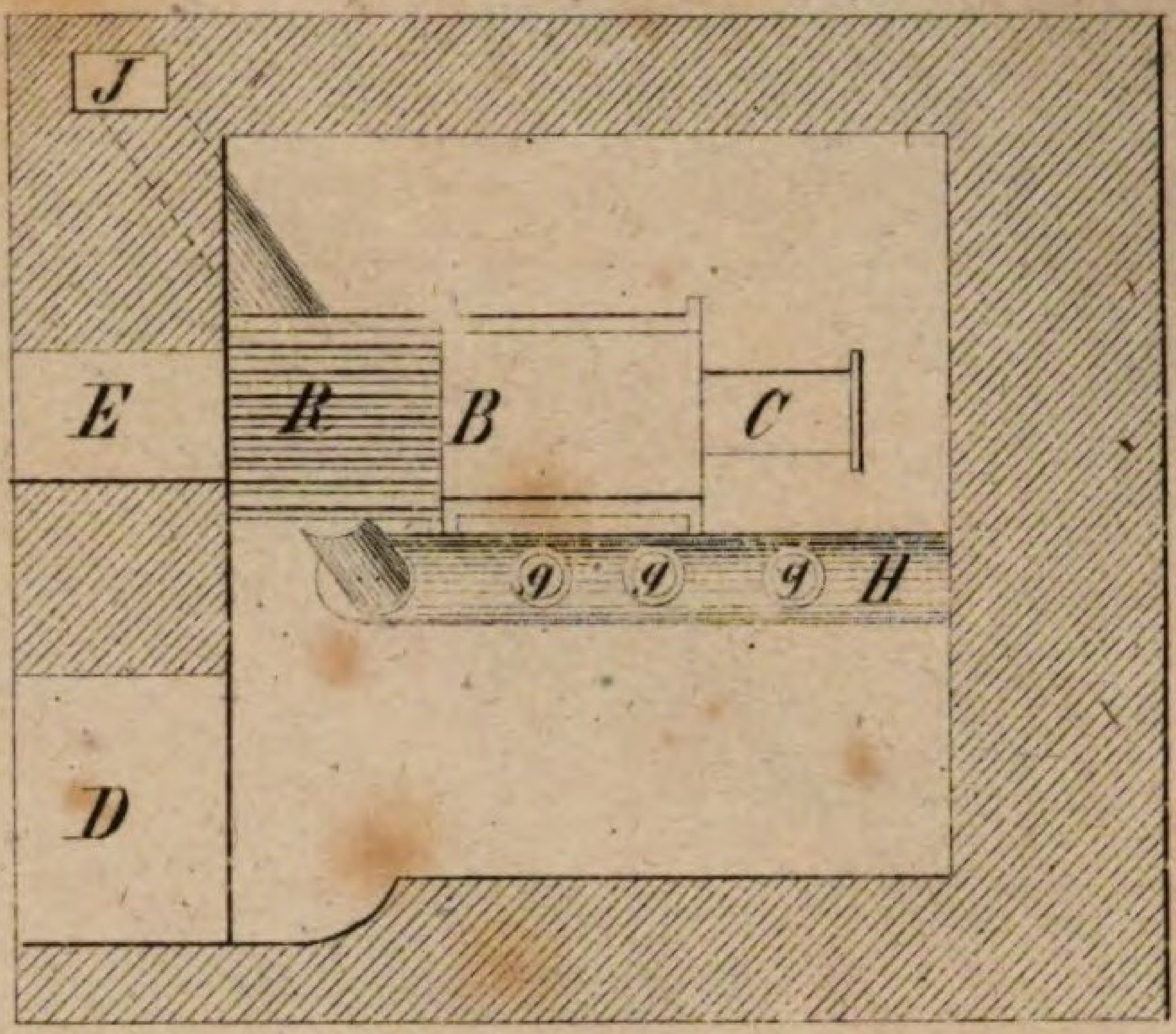


Fig. 32.

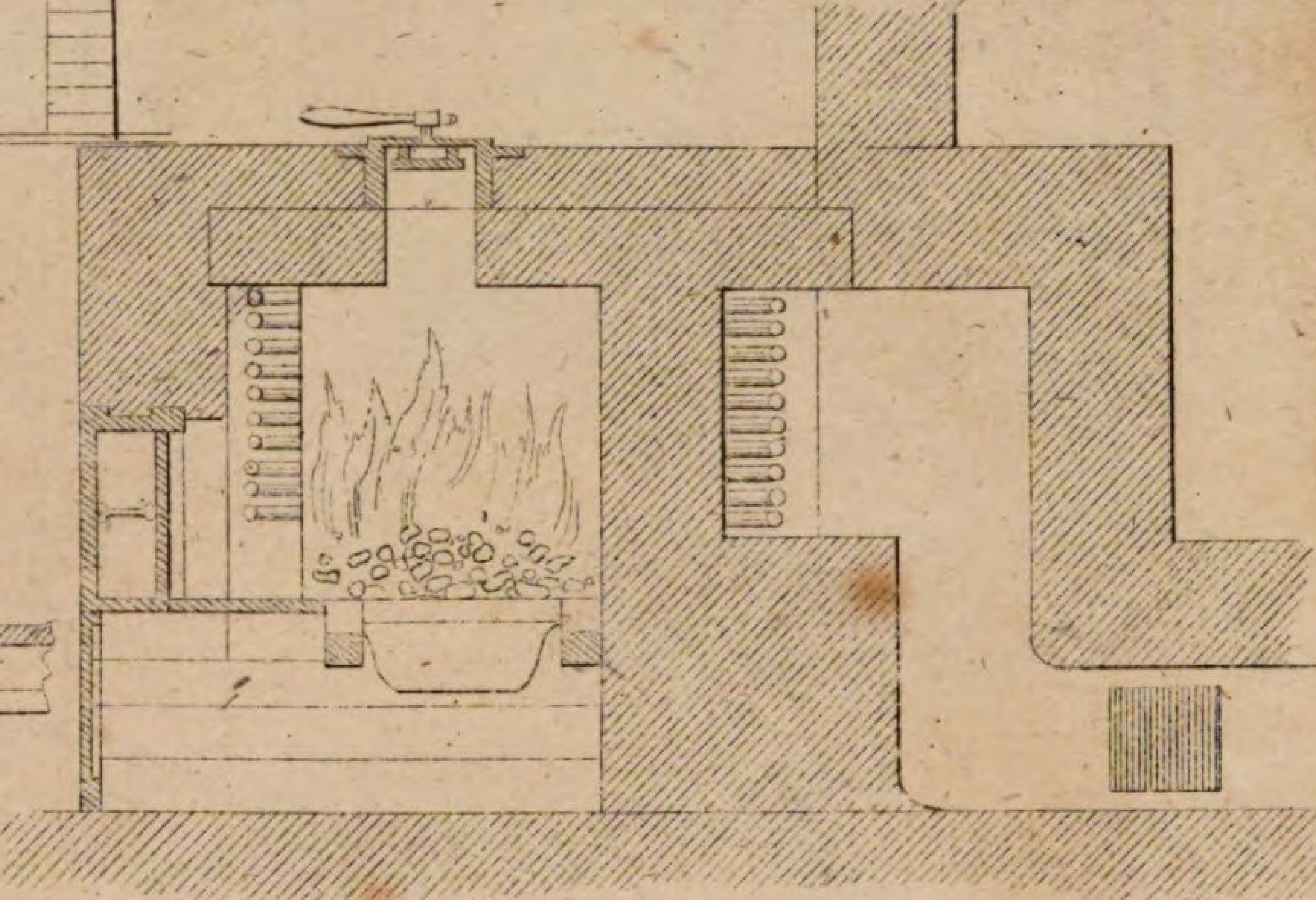


Fig. 30

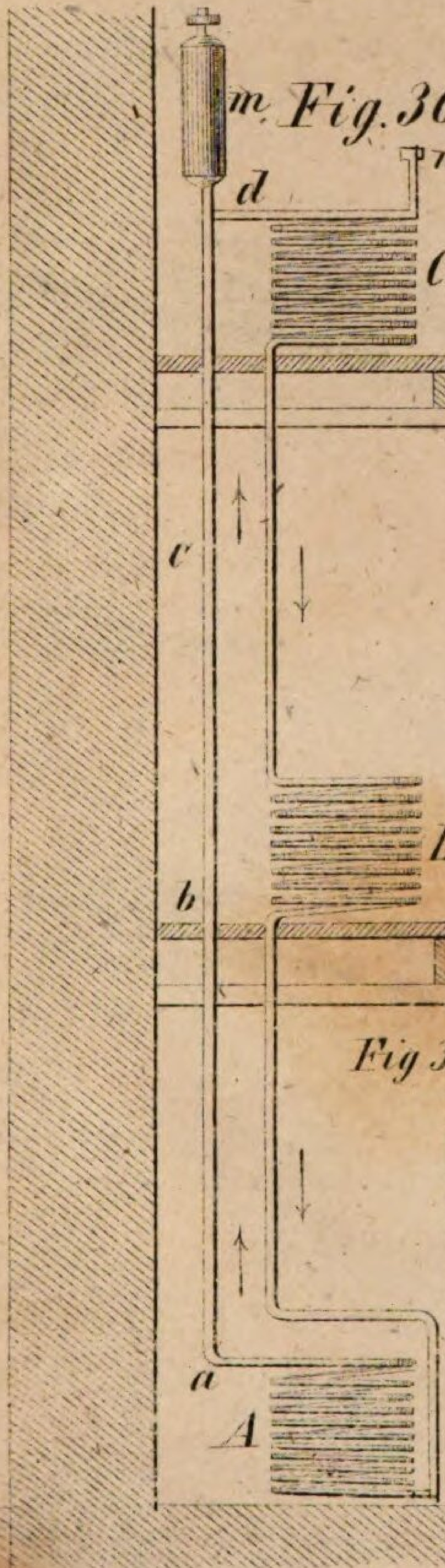


Fig 33.

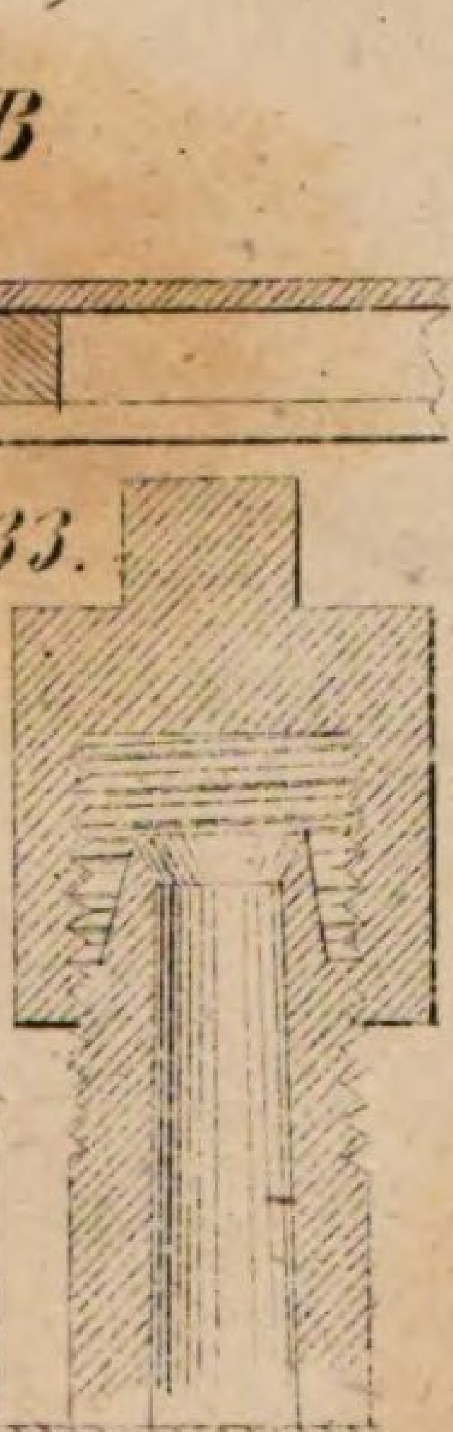
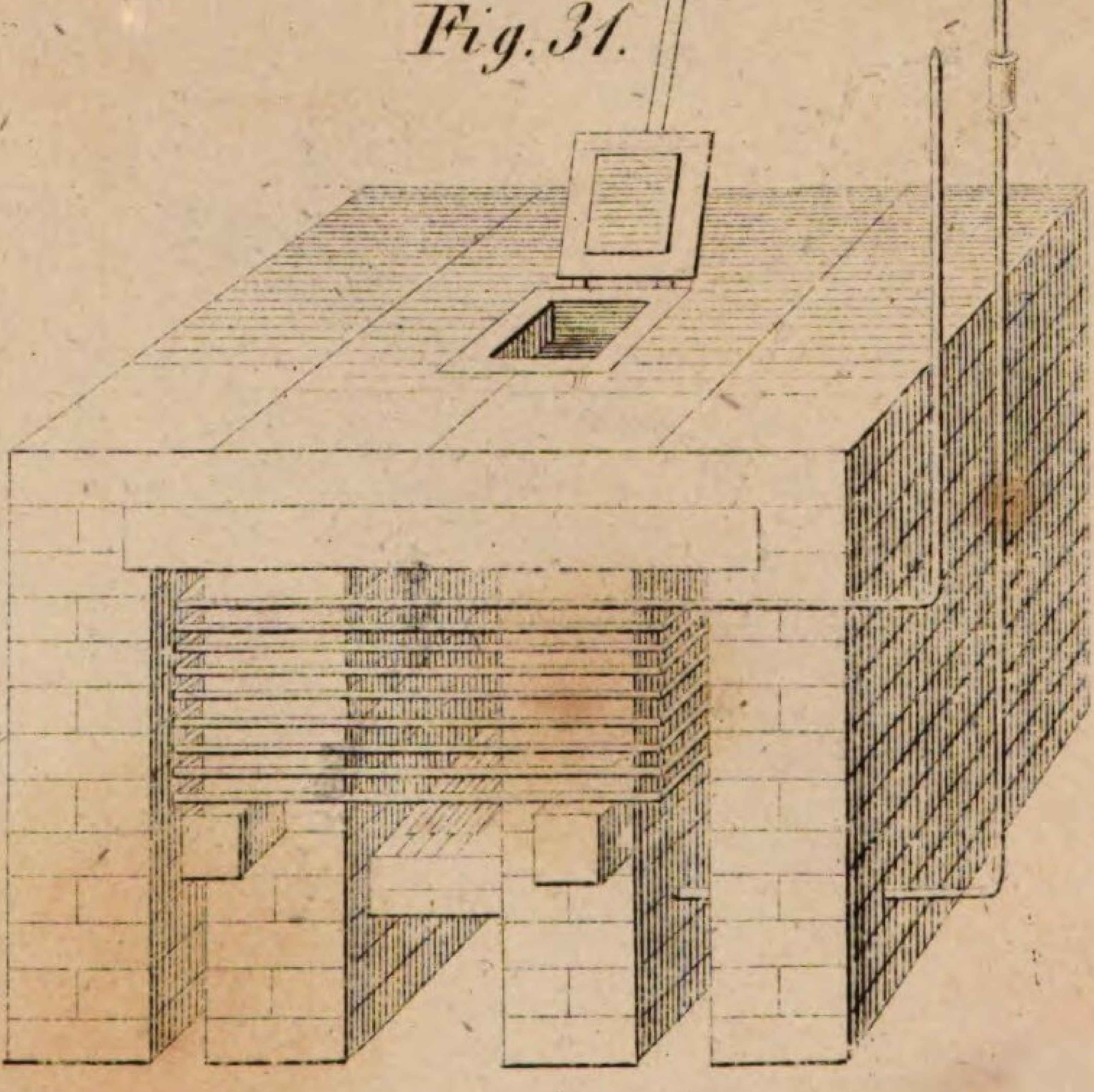


Fig. 31.



J. Egger

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Weger, Heinrich,

Vollständige Brennstoff- und Feuerungskunde oder Beschreibung der Eigenschaften, Gewinnung und Zusammensetzung der verschiedenen Brennstoffe, so wie Beschreibung der Heizung vermittelst Luft, Wasser und Wasserdampf

Erlangen 1847

Oecon. 1856 d
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10299630-1